PRZEGLĄD ŁĄCZNOŚCI

MIESIĘCZNIK

WYDAWANY PRZEZ
GŁÓWNY INSPEKTORAT ŁĄCZNOŚCI

STYCZEŃ-LUTY Nr 1-2

WYDAWNICTWO MON „PRASA WOJSKOWA"

WARSZAWA 1950

Adres Redakcji i Administracji »Przeglądu Łączności«
Warszawa 1, Aleja Niepodległości 243

Konto czekowe: Przegląd Łączności, PKO Warszawa, nr I-4489

Cena pojedynczego zeszytu wraz z przesyłką wynosi miesięcznie 200 zł
w prenumeracie opłaconej z góry.

Drukarnia Wyd. MON „Prasa Wojskowa" w Łodzi
B-11/50

D-1-14928

PRZEGLĄD ŁĄCZNOŚCI

MIESIĘCZNIK

WYDAWANY PRZEZ
GŁÓWNY INSPEKTORAT ŁĄCZNOŚCI

STYCZEŃ-LUTY Nr 1-2

WYDAWNICTWO MON „PRASA WOJSKOWA"

WARSZAWA 1950

Treść artykułów jest wyrazem osobistych poglądów autorów na daną sprawę

TREŚĆ

W DWUDZIESTĄ SZÓSTĄ ROCZNICĘ ŚMIERCI LENINA

Minęło 26 lat od śmierci wielkiego wodza rosyjskiej i międzynarodowej klasy robotniczej, wodza i organizatora partii bolszewickiej, wodza zwycięskiej rewolucji socjalistycznej i twórcy państwa radzieckiego — Włodzimierza Lenina. Życie i działalność Lenina związane są z epoką imperializmu, rewolucji proletariackiej i budownictwa socjalistycznego, nauka Jego stała się dorobkiem całego świata. Z dniem każdym coraz dalej sięgają wielkie idee Lenina-Stalina, idee szczęścia ludzkości. Idee Lenina - Stalina zrodziły się w Rosji, idee te wypowiedziane zostały w języku rosyjskim, lecz należą one do całej ludzkości i są nadzieją ludzi całego świata. Imię Lenina stało się symbolem dla wszystkich narodów, dla wszystkich ludzi pracy, niezależnie od tego, w jakim języku mówią i w jakim kraju mieszkają.

Wpływ, jaki wywarli na bieg historii i oblicze świata Włodzimierz Lenin i jego wielki kontynuator Józef Stalin, jest tak wielki, że nie tylko my, ale i przyszłe pokolenia będą wiek XX nazywali epoką Lenina i Stalina. Nie jest przypadkiem, że to właśnie rosyjski rewolucyjny ruch robotniczy wydał na przełomie XIX i XX wieku dwóch najbardziej genialnych wodzów światowego proletariatu. Określiły to te same przyczyny historyczne, które złożyły się na to, że to właśnie rosyjska klasa robotnicza odegrała pionierską rolę w obaleniu kapitalizmu i imperializmu w swoim kraju, w zbudowaniu pierwszego na świecie państwa socjalistycznego, w zapoczątkowaniu ery socjalizmu na świecie. W swojej pracy „O podstawach leninizmu" tow. Stalin daje odpowiedź na pytanie, dlaczego właśnie Rosja stała się ogniskiem leninizmu, ojczyzną teorii i taktyki rewolucji proletariackiej: „Dlatego że Rosja była punkem węzłowym wszystkich tych sprzeczności imperializmu. Dlatego że Rosja bardziej niż jakikolwiek inny kraj brzemienna była w rewolucję i z tego względu tylko ona potrafiła rozwiązać te sprzeczności w drodze rewolucyjnej".

Carska Rosja była ogniskiem potrójnego ucisku — kapitalistycznego, kolonialnego i wojennego w najbardziej nieludzkiej i barbarzyńskiej formie. Rosja była rezerwą zachodniego imperializmu pod względem ekonomicznym, politycznym i militarnym. Toteż rewolucja przeciwko caratowi z konieczności musiała przerastać w rewolucję przeciwko imperializmowi, w rewolucję proletariacką.

Epokową zasługą Lenina i Stalina było twórcze rozwinięcie rewolucyjnej teorii marksizmu w nowych warunkach imperializmu i bezpośredniego narastania rewolucji proletariackiej oraz uczynienie z marksizmu-leninizmu potężnego narzędzia strategii proletariatu w jego walce o obalenie panowania kapitalizmu i o zbudowanie ustroju socjalistycznego. W swojej genialnej pracy pt. „Imperializm jako najwyższe stadium kapitalizmu", napisanej w okresie I wojny światowej, Lenin uogólnia wszystkie te nowe momenty, które wystąpiły w wyniku rozwoju kapitalizmu od czasów Marksa i Engelsa i które zdecydowały o tym, że ustrój kapitalistyczny wkroczył w swoje najwyższe i ostatnie stadium — imperializm, że z kapitalizmu kwitnącego przekształcił się w kapitalizm umierający, który musi ustąpić miejsca nowemu ustrojowi, ustrojowi socjalistycznemu.

W swojej analizie imperializmu Lenin doszedł do wniosku, że imperializm oznacza niesłychane zaostrzenie sprzeczności tkwiących w kapitalizmie, zaostrzenie nierównomierności rozwoju kapitalizmu, że nieuniknienie prowadzi on do wojen i rewolucji. Ostro zwalczając oportunistyczne, reformistyczne teorie Kautsky'ego i prawicowych socjaldemokratów o „ultraimprerializmie", tj. o imperializmie jako „zorganizowanym" kapitalizmie, Lenin ze swojej analizy imperializmu wyprowadził rewolucyjny wniosek, że imperializm jest przedsionkiem socjalizmu i że w epoce imperializmu rewolucja socjalistyczna staje się bezpośrednim zadaniem proletariatu.

Dalszy rozwój historii całkowicie potwierdził teorię Lenina o imperializmie. Po zakończeniu I wojny światowej rewolucja socjalistyczna wyrwała spod panowania imperializmu 1/6 część świata, ale w tej przeważającej części świata, w której utrzymało się panowanie kapitalizmu, właściwe kapitalizmowi sprzeczności zaostrzyły się jeszcze bardziej. Kapitalizm wszedł w stadium swojego powszechnego kryzysu, w okres ciągłych wstrząsów ekonomicznych, politycznych i wojennych. Monopolistyczny kapitalizm doprowadził do skrajności wyzysk, nędzę szerokich mas pracujących i z drugiej strony — skupił bogactwa materialne w rękach garstki monopolistów.

W szeregu krajów imperializm zrodził najbardziej reakcyjną i najbardziej odrażającą formę dyktatury wielkiego kapitału — faszyzm. Wreszcie — poprzez szereg wojen, niemal bez przerwy wybuchających w różnych częściach świata, imperalizm doprowadził do nowej straszliwej wojny światowej, która przerodziła się w wielką wyzwoleńczą wojnę postępowej ludzkości ze Związkiem Radzieckim na czele przeciwko faszyzmowi. Druga wojna światowa zadała szereg dalszych ciosów kapitalizmowi i imperializmowi, wyrywając spod jego panowania szereg nowych krajów i wzmagając siły obozu antyimperialistycznego. Że tak się jednak stało, że losy ludzkości nie potoczyły się innymi drogami, nie zapanowała noc niewoli, reakcji i rozkładu, było to rezultatem istnienia państwa socjalistycznego, rezultatem zwycięskiej Rewolucji Październikowej, rezultatem

trwającej kilkadziesiąt lat upartej i ofiarnej rewolucyjnej walki i pracy rosyjskiej klasy robotniczej, pod kierownictwem partii bolszewickiej, pod kierownictwem Lenina i Stalina. Na gruncie analizy imperializmu i jego sprzeczności Lenin wykuł oręż walki proletariatu przeciwko kapitalizmowi i imperializmowi — teorię rewolucji proletariackiej i rewolucyjnej strategii i taktyki proletariatu, które znalazły swój najwyższy wyraz w Wielkiej Rewolucji Październikowej.

Zasadnicze znaczenie dla zwycięstwa klasy robotniczej nie tylko w Rosji, nie tylko w krajach demokracji ludowej, ale na całym świecie, posiada nauka Lenina i Stalina o dyktaturze proletariatu, o sojusznikach proletariatu w rewolucji burżuazyjno-demokratycznej i w rewolucji proletariackiej. Genialne zastosowanie przez Stalina i bolszewików sojuszu robotniczo-chłopskiego, sojuszu z biednymi i średnimi chłopami w nowych warunkach, po utrwaleniu władzy radzieckiej, umożliwiło pozyskanie ogromnej większości chłopów dla socjalizmu i zbudowanie ustroju socjalistycznego nie tylko w mieście, ale i na wsi. Leninowsko-Stalinowska teoria sojuszu robotniczo-chłopskiego ma podstawowe znaczenie dla mas w okresie budowania podstaw socjalizmu, w okresie stopniowego i dobrowolnego przekształcania gospodarki drobnotowarowej w rolnictwie w gospodarkę socjalistyczną.

Zasługą Lenina i Stalina było ujawnienie ogromnych rewolucyjnych możliwości, jakie tkwią w narodowym ruchu wyzwoleńczym narodów uciskanych i kolonialnych. Traktując sprawę narodowościową jako podporządkowaną rewolucji proletariackiej wodzowie partii bolszewickiej potrafili uczynić z niej potężną rezerwę rewolucji proletariackiej w Rosji, realizując konsekwentny i głęboki internacjonalizm i zwalczając wszelki szowinizm i nacjonalizm jako przejawy wpływu ideologii burżuazyjnej na ruch robotniczy.

Przeprowadzając niezłomnie internacjonalistyczną linię w sprawie narodowościowej i kolonialnej Lenin i Stalin bronili zdecydowanie prawa narodów do samookreślania, do samodzielnego bytu, bronili między innymi prawa Polski do całkowitej niepodległości.

Leninowska strategia rewolucyjna stała się w rękach rewolucyjnej partii proletariatu, partii bolszewickiej, potężnym narzędziem walki o obalenie kapitalizmu. Wiekopomną zasługą Lenina wobec międzynarodowego ruchu robotniczego jest stworzenie pierwowzoru partii rewolucyjnej, partii nowego typu, zdolnej do wykonania tego zadania, które stanęło przed klasą robotniczą w epoce imperializmu, a mianowicie zadania pokierowania rewolucyjną walką proletariatu i obalenia panowania burżuazji. Walka o partię nowego typu, o partię jako czołowy oddział klasy robotniczej, grupujący jej najlepsze elementy, uzbrojony w rewolucyjną teorię, zorganizowany na zasadzie demokratycznego centralizmu, na zasadzie podporządkowania mniejszości woli większości i żelaznej dyscypliny, kierujący się jedną wolą, stanowiący najwyższą formę klasowej organizacji proletariatu — walka o taką partię była stałą treścią życia i działalności Lenina.

Nauka Lenina i Stalina o partii nowego typu ma nieprzemijające podstawowe znaczenie. Szczególnie doniosłą dziś sprawą jest przyswojenie sobie jej i wprowadzenie w życie przez partie komunistyczne i robotnicze. Lenin i Stalin uczą nas, że partia umacnia się przez to, iż oczyszcza się od elementów reakcyjnych i oportunistycznych, umacnia się, krytycznie podchodząc do swoich błędów, szeroko stosując metodę krytyki i samokrytyki.

Lenin to nie tylko wielki teoretyk marksizmu, człowiek, który rozwinął i pogłębił marksizm, Lenin zarazem okazał się wielkim geniuszem w sztuce wojskowej. Lenin podchodził do zagadnień wojskowych jako polityk, jako przywódca partii. Wówczas gdy przed partią bolszewicką wyłaniały się zagadnienia walki zbrojnej, a później formowania własnej siły zbrojnej w pierwszym na świecie państwie socjalistycznym, na leninowskich założeniach, pod bezpośrednim leninowskim kierownictwem tworzyła się i walczyła w latach wojny domowej — pierwsza siła zbrojna proletariatu — Armia Czerwona. Lenin tworzył podstawy nowej radzieckiej ideologii wojskowej. Leninowskie idee o wojnie i wojsku nie straciły nic ze swej aktualności. Na odwrót — idee te, pogłębione i rozwijane przez Stalina, są nadal podstawą i wytyczną działania Armii Radzieckiej.

Armia Radziecka dowiodła całemu światu, że tylko wówczas nauka wojskowa może być nauką przodującą, gdy opiera się i wyrasta na marksistowsko-leninowskim światopoglądzie.

Genialny wódz proletariatu umarł w 1924 r., w okresie odbudowy, w przededniu ofensywy socjalizmu i intensywnego budownictwa ustroju socjalistycznego. Jego dzieło prowadzi dalej jego najbliższy przyjaciel, uczeń i współpracownik, Wielki Stalin, który rozwinął myśl Lenina o drogach do socjalizmu w warunkach dyktatury proletariatu w bogatą i konsekwentną teorię zbudowania ustroju socjalistycznego. W ciągu 26 lat po śmierci Lenina partia bolszewicka pod kierownictwem Józefa Stalina wytrwale i po bohatersku wypełnia polityczny testament Lenina, wysoko dzierżąc sztandar partii, chroniąc jedność partii, chroniąc i umacniając dyktaturę proletariatu, umacniając sojusz robotniczo-chłopski, dochowując wierności zasadom komunistycznego internacjonalizmu, rozszerzając i umacniając sojusz mas pracujących całego świata.

Kpt. A. ŁASKI

XXXII ROCZNICA POWSTANIA ARMII RADZIECKIEJ

Trzydzieści dwa lata Armia Radziecka stoi nieugięcie na straży Kraju Socjalizmu, pokojowej polityki ZSRR i twórczej pracy narodów radzieckich, budujących wspaniały gmach komunizmu. W okresie tym międzynarodowa reakcja imperialistyczna wystraszona wzrostem sił Republiki Radzieckiej niejednokrotnie organizowała interwencję zbrojną celem zniszczenia i zduszenia przemocą wielkich zdobyczy Rewolucji Październikowej. Za każdym razem jednak, kiedy imperialiści rzucali swe rozbójnicze hordy przeciwko socjalistycznemu państwu robotników i chłopów — żołnierze Armii Radzieckiej dawali godną odprawę napastnikom, osiągając zwycięstwa w zaciekłych bojach.

Armia Radziecka stworzona przez Lenina i Stalina dla obrony wielkich zdobyczy Rewolucji Październikowej ma za sobą wspaniałą, bohaterską kartę dziejową. Cała jej historia jest żywym przykładem męstwa i całkowitego oddania wielkiej sprawie socjalizmu.

Już w pierwszych latach swego istnienia, kiedy młoda Republika Radziecka otoczona była pierścieniem wrogich frontów — Armia Radziecka uduchowiona wielkimi ideami Partii Komunistycznej pokazała całemu światu wzory waleczności i sztuki wojennej. Pierwsza w historii ludzkości armia wyzwolonych robotników i chłopów, mimo olbrzymich trudności i niedostatków w kadrach, uzbrojeniu, żywności, z honorem wypełniała swoje zadania, postawione przez ludy ZSRR.

Po rozgromieniu wojsk angielskich, francuskich, amerykańskich i japońskich interwentów oraz białogwardyjskich generałów Armia Radziecka wywalczyła okres pokojowy, który pozwolił narodom ZSRR na przejście do odbudowy i rozbudowy gospodarki socjalistycznej. W okresie tym zaszczytnym zadaniem Armii Radzieckiej było strzeżenie twórczej pracy mas pracujących ZSRR i ochrona jego granic. Należyte wykonanie tego zadania wymagało dalszego wzmocnienia siły obronnej Związku Radzieckiego, okrążonego wówczas, jak mówił Lenin, klasami i rządami ustosunkowanymi z nieukrywaną nienawiścią do kraju socjalizmu.

Rolę decydującą w przygotowaniu kraju do aktywnej obrony odegrała mądra stalinowska polityka uprzemysłowienia kraju i ko-

lektywizacja rolnictwa. W wyniku pomyślnego wykonania pięciolatek stalinowskich i zbudowania socjalizmu Związek Radziecki przekształcił się z kraju słabego i nieprzygotowanego do obrony w kraj przodujący przemysłowo-rolniczy, potężny w dziedzinie obronności i zdolny do masowej produkcji nowoczesnej techniki wojennej wysokiej jakości.

Uprzemysłowienie kraju i kolektywizacja rolnictwa, a także towarzysząca im rewolucja kulturalna ułatwiły uzupełnienie sił zbrojnych zdolnymi ludźmi umiejącymi szybko opanować i w pełni wykorzystać nową technikę wojskową. Partia Lenina i Stalina dokonała olbrzymiej pracy w dziedzinie wychowania ideologicznego i zahartowania kadr wojskowych, uzbroiła je w znajomość praw nowoczesnej wojny i rozwinęła w nich wysokie cechy moralno-bojowe.

Oznaczało to, że młoda Armia Radziecka dzięki wysiłkom Partii Bolszewickiej pod kierownictwem genialnego Wodza Generalissimusa Stalina, przy aktywnym i gorącym poparciu całego ludu radzieckiego, przekształcona została w groźną dla wrogów siłę, zdolną do odparcia każdego napastnika.

Armia Radziecka, która wyrosła w ustroju socjalistycznym, opiera się o jedność moralno-polityczną społeczeństwa socjalistycznego. Rozporządzając pierwszorzędną techniką wojskową i znakomitymi kadrami wojskowymi stała się niezłomną ostoją zwycięskiego budownictwa socjalistycznego.

Najcięższą próbę dla Radzieckich Sił Zbrojnych w ciągu całej historii ich istnienia była Wielka Wojna Narodowa. Na początku wojny Hitler rzucił przeciwko ZSRR ogromne, zawczasu zmobilizowane siły. Po stronie wroga była znaczna, choć chwilowa przewaga, zwiększona czynnikiem zaskoczenia. Inna armia, znalazłszy się w podobnie ciężkim położeniu nieuniknienie zostałaby rozbita i poniosłaby klęskę. Trzeba tu podkreślić dla przykładu, że słabsze znacznie uderzenia armii hitlerowskiej na Zachodzie druzgotały armie państw zachodnio-europejskich, więcej nawet — w styczniu 1945 r., kiedy armia hitlerowska stała przed katastrofą, wojska faszystowskie okazały się jeszcze zdolne do zadawania ciosów i zastraszenia amerykańskich i angielskich generałów i ich armii.

Podejmując wojnę w niedogodnych dla siebie warunkach Armia Radziecka kierowana przez wielkiego Wodza Józefa Stalina zastosowała nowe formy walki. Plan aktywnej obrony realizowany w pierwszym okresie wojny, obliczony był na wykrwawienie i osłabienie nieprzyjaciela, maksymalne wyniszczenie jego żywej siły i techniki oraz przygotowanie warunków do decydującego rozbicia zdradzieckiego wroga. W wielkich bitwach pod Moskwą, Stalingradem i Kurskiem wojska radzieckie z całkowitym powodzeniem przeprowadziły wspaniałe kontrofensywy, co ostatecznie wyrwało inicjatywę z rąk wroga. W ślad za przełomowym 1944 r. nastąpił rok decydujących zwycięstw. Rozwijając strategiczne natarcie na całym froncie, Armia Radziecka uderzeniami o druzgocącej sile rozbiła doszczętnie podstawowe zgrupowania hitlerowsko-faszystowskiej ar-

mii. Ani sabotaż anglo-amerykańskiego dowództwa utworzenia drugiego frontu na zachodzie, ani też ich reakcyjna, zdradziecka strategia „małych akcji", w której wyniku hitlerowcy skoncentrowali całą swą siłę przeciwko ZSRR, nie mogły uratować niemiecki faszyzm od ostatecznej klęski. Zadając nieprzyjacielowi decydujący, potężny cios Armia Radziecka zatknęła nad Berlinem sztandar zwycięstwa i zmusiła Niemcy hitlerowskie do bezwarunkowej kapitulacji.

W Wielkiej Wojnie Narodowej Armia Radziecka rozbijając główne siły międzynarodowej reakcji osiągnęła zwycięstwo o światowo-historycznym znaczeniu. Armia Radziecka obroniła ustrój socjalistyczny, będący główną ostoją postępu, pokoju i socjalizmu w całym świecie. Armia Radziecka wybawiła ludy Europy spod jarzma niewoli faszystowskiej i wyciągnęła pomocną dłoń masom pracującym centralnej i południowo-wschodniej Europy, które dzięki jej zwycięstwu uzyskały możność budowy socjalizmu w swych państwach. Bez zwycięstwa Armii Radzieckiej na zachodzie i na wschodzie nie byłoby możliwe zwycięstwo Chińskiej Armii Ludowej nad kuomintagowską reakcją i jej amerykańskimi mocodawcami. Dzięki zwycięstwu Armii Radzieckiej mogła powstać Polska Ludowa i umożliwione zostało w naszym kraju budownictwo lepszego jutra dla mas pracujących — socjalizmu.

Światowo-historyczne zwycięstwa osiągnięte przez Armie Radziecką są wyrazem żywotnej siły ustroju socjalistycznego. W latach pokojowych szczególnie wyraziście przejawiła się przewaga ustroju socjalistycznego w dziedzinie ekonomicznego i kulturalnego rozwoju. W latach wojny ujawniła się pod względem wojskowym wyższość nieprześcigniona ustroju socjalistycznego jako lepszej formy mobilizacji wszystkich sił narodu do rozgromienia wroga. Właśnie dlatego Generalissimus Stalin, oceniając znaczenie ustroju socjalistycznego jako decydującego źródła siły narodów ZSRR i jego armii, mówi: „Ustrój socjalistyczny zrodzony przez Rewolucję Październikową dał naszemu ludowi i naszej Armii wielką i niezwyciężoną siłę".

Zwycięstwa narodu radzieckiego i jego armii nie byłyby możliwe bez mądrego i twardego kierownictwa Partii Bolszewickiej. Polityka WKP(b) zabezpieczyła stworzenie mocnego ekonomicznego moralnego i wojennego potencjału ZSRR. W latach Wielkiej Wojny Narodowej Partia Lenina — Stalina śmiało i pewnie stanęła na czele narodu radzieckiego przeciwko faszystowskim najeźdźcom. Wypełniając mądre wskazania wielkiego Wodza i Nauczyciela Józefa Stalina, Partia przekształciła kraj w jeden bojowy obóz. Stworzyła zgraną i szybko rosnącą gospodarkę wojenną zdolną do zaopatrywania armii we wszystko, co było niezbędne dla zwycięstwa nad wrogiem.

Partia Komunistyczna prowadziła nieustanną pracę ideologiczną nad wychowaniem Armii, objaśniała żołnierzom wyzwoleńczy charakter wojny ludowej przeciwko hitlerowskim najeźdźcom, zaszczepiała im nienawiść do wrogów i ducha ofensywy.

Wszystkie swe historyczne zwycięstwa Armia Radziecka zawdzięcza Wielkiemu Wodzowi i genialnemu strategowi Józefowi Stalinowi. Generalissimus Stalin był twórcą najważniejszych planów strategicznych, był bezpośrednim organizatorem decydujących zwycięstw Armii Radzieckiej na frontach Wojny Domowej, z imieniem Stalina przejdą do historii wspaniałe zwycięstwa Armii Radzieckiej w II wojnie światowej. Stalinowska nauka wojenna rozwiązała genialnie najtrudniejsze problemy współczesnej wojny.

Stalinowska nauka wojenna, jako przodująca nauka, ma olbrzymie znaczenie dla sił zbrojnych krajów demokracji ludowej, ma także olbrzymie znaczenie dla Odrodzonego Wojska Polskiego. „Nasi generałowie i oficerowie — pisał Marszałek Konstanty Rokossowski — winni nieustannie głęboko studiować stalinowską naukę wojenną, najdoskonalszą naukę wojenną naszych czasów, badać doświadczenia bojowe Armii Radzieckiej — najwspanialszej armii naszych czasów".

Naszym zadaniem jest głębokie studiowanie, przyswajanie sobie bojowych doświadczeń z walk naszych oddziałów u boku Armii Radzieckiej w minionej wojnie. Zacieśniając więzy przyjaźni i braterstwa z niezwyciężoną Armią Radziecką wzmacniamy tym samym obronność i bezpieczeństwo Polski Ludowej, budującej w ofiarnym i twórczym wysiłku lepszą przyszłość dla mas pracujących.

Trzydziestą drugą rocznicę istnienia Armii Radzieckiej obchodzimy w okresie dalszego wzrostu siły obozu pokoju i socjalizmu.

Milowymi krokami rozwija się przemysł socjalistyczny odgrywający przodującą rolę w ekonomicznym rozwoju ZSRR. Klasa robotnicza kraju socjalizmu, natchniona stalinowską ideą budownictwa komunizmu, realizuje z powodzeniem przedterminowe wykonanie powojennego planu pięcioletniego. Przemysł ZSRR już w czwartym kwartale ubiegłego roku uzyskał poziom produkcji przewyższający cyfry planu pięcioletniego w ostatnim roku pięciolatki (1950).

W osiągnięciach tych odzwierciedla się wybitnie historyczna wyższość socjalistycznego systemu gospodarki nad gnijącą gospodarką kapitalistyczną.

W zwycięskim marszu do komunizmu wspólnie z klasą robotniczą podąża i chłopstwo kołchozowe. W 1949 roku chłopi kołchozowi uzyskali bogaty urodzaj zbóż przewyższający znacznie poziom przedwojenny. W 1949 r. w kołchozach i sowchozach rozwinęły się gigantyczne prace nad realizacją stalinowskiego planu przekształcenia przyrody.

Wspólnie z robotnikami i chłopami bierze aktywny udział w budowie społeczeństwa komunistycznego i inteligencja radziecka.

Uczeni kraju socjalizmu z powodzeniem urzeczywistniają wskazania Józefa Stalina dotyczące nie tylko dorównania w najbliższej przyszłości nauce zagranicznej, lecz i prześcignięcia osiągnięć tej nauki. Wspaniała twórcza siła nauki radzieckiej uwydatnia się

w tym fakcie, że uczeni radzieccy w niebywale krótkim okresie czasu opanowali tajemnicę energii atomowej, z powodzeniem rozwiązali zadania stworzenia broni atomowej i tym samym zniweczyli bez śladu mit o monopolu bomby atomowej w USA.

Wszystkie te osiągnięcia są rezultatem niezawodnego kierownictwa Partii Komunistycznej i jej Wodza Józefa Stalina. Świadczą one o niezaprzeczalnej wyższości ustroju socjalistycznego, który wykazał całemu światu nowe dowody swojej żywotności i siły w dziele odbudowy i rozbudowy gospodarki narodowej w okresie powojennym.

Wspaniałymi osiągnięciami w rozwoju gospodarki i kultury szczycą się kraje demokracji ludowej wstępujące na drogę socjalizmu. Wielkim zwycięstwem zakończyła się bohaterska walka ludu chińskiego, uwieńczona powstaniem Chińskiej Republiki Ludowej — ostoi pokoju i demokracji w Azji. Olbrzymie ma znaczenie dla walki o pokój i bezpieczeństwa narodów powstanie Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Każdy dzień przynosi nowe sygnały rosnącej walki ludów o swe wyzwolenie.

Cóż mogą przeciwstawić potężnemu, rosnącemu obozowi socjalizmu i pokoju imperialiści z obozu reakcji i wojny z USA na czele.

Świat kapitalistyczny pogrąża się w odmęty nowego kryzysu ekonomicznego. Ograniczanie produkcji, wzrost bezrobocia, stałe obniżanie poziomu życiowego mas pracujących — oto nieuleczalne wrzody na ekonomice nie tylko krajów marshallowskich, lecz i w USA.

Koła rządzące obozu imperialistycznego uwikłane w sprzecznościach zaostrzającego się ogólnego kryzysu kapitalizmu i zbliżającego się kryzysu ekonomicznego ogarnął strach o losy systemu ucisku i eksploatacji. Wyjścia z tej sytuacji szukają na drodze przygotowania i rozpętania nowej wojny przeciwko ZSRR i krajom demokracji ludowej, której celem byłoby ustanowienie angloamerykańskiego panowania nad światem.

Niech się wściekają klasy wyzyskiwaczy, monopolistów i bankierów skazane przez historię na zagładę. Nie uda się im cofnąć wstecz koła historii. Wiek kapitalizmu zbliża się ku końcowi. Siły obozu pokoju opierające się na niezwyciężonej mocy Związku Radzieckiego przewyższają znacznie siły reakcji i wojny. Dlatego też nie my powinniśmy się bać wojny. Jeśli agresorzy ośmielą się rozpętać trzecią wojnę światową, wówczas stanie się ona mogiłą dla całego świata kapitalistycznego. Groźnym ostrzeżeniem dla inicjatorów awantur wojennych powinna być siła bojowa potężnej Armii Radzieckiej okrytej chwałą zwycięskich bitew.

Owiana sławą historycznych zwycięstw Armia Radziecka obchodzi XXXII rocznicę swego istnienia. Ta znamienna data 23 lutego jest ogólnoludowym świętem nie tylko wielkiego Związku Radzieckiego, lecz i krajów demokracji ludowej wyzwolonych przez Armię Radziecką. Armia Radziecka związana jest tysiącznymi nićmi nie tylko z ludami krajów socjalizmu, jest ona droga

także masom pracującym całego świata. Według swej klasowej istoty Armia Radziecka jest armią przeniknięta duchem internacjonalizmu. Armią wychowaną w duchu miłości i szacunku do robotników wszystkich krajów, w duchu zachowania i utrwalenia pokoju między narodami.

Właśnie dlatego wszystkie miłujące pokój ludy świata zwracają w tym dniu wzrok swój ku wielkiemu krajowi socjalizmu i wyrażają uczucia głębokiej przyjaźni i wdzięczności Armii — Wyzwolicielce.

Generał-major N. M. ZAMIATIN

STYCZNIOWA OFENSYWA ARMII RADZIECKIEJ

Wielkie zwycięstwo Związku Radzieckiego nad zbrojnymi hordami faszyzmu zostało osiągnięte po długiej, uporczywej i okrutnej walce. W ciągu czterech lat bohaterska Armia Radziecka pod genialnym naczelnym dowództwem naszego wodza i nauczyciela Generalissimusa Stalina gromiła w zaciętych walkach siły wroga aż do zwycięskiego zakończenia antyfaszystowskiej wojny wyzwoleńczej.

W latach wojny Armia Radziecka przeszła bohaterski szlak bojowy wzbudzając szczery zachwyt całego demokratycznego świata. Olśniewającą kartą w kronice wyróżniających się operacji Wielkiej Wojny Narodowej ZSRR jest potężna ofensywa zimowa Armii Radzieckiej, rozpoczęta 12 stycznia 1945 r.

Ta gigantyczna ofensywa, na ogromnym 1200-kilometrowym froncie od Morza Bałtyckiego do Karpat, ofensywa, w której wzięło równocześnie udział wiele radzieckich dywizji i poważnych środków wzmocnienia, odegrała wyjątkową rolę w dziele ostatecznego wojskowego zdruzgotania Niemiec hitlerowskich. W rezultacie pomyślnego rozwoju operacji zaczepnych, podjętych przez wojska radzieckie na bardzo szerokim froncie, silne zgrupowania nieprzyjaciela działające na froncie radziecko-niemieckim zostały rozgromione i odrzucone kilkaset kilometrów na zachód. Armie radzieckie wyszły na drogi, które wiodły do Berlina i do ważnych centralnych ośrodków Niemiec hitlerowskich. Powodzenie styczniowej ofensywy wojsk radzieckich zatrzymało ofensywę zimową armii niemieckiej na zachodzie, przygotowywaną przez hitlerowców celem opanowania Belgii i Alzacji, oraz uratowało przed rozbiciem armie anglo-amerykańskie w Ardenach, umożliwiając im uporządkowanie swych sił po klęsce grudniowej.

Ogólna koncepcja ofensywy zimowej przewidywała przejście wojsk radzieckich do natarcia od Bałtyku do Karpat, z tym, że udział w tym natarciu miały wziąć wojska pięciu frontów. Podstawowym zadaniem, postawionym przez Naczelne Dowództwo Radzieckie w pierwszym okresie kampanii 1945 roku, było rozbicie zgrupowania hitlerowskiego w Prusach Wschodnich i opanowanie tego silnie umocnionego faszystowskiego obszaru operacyjnego Niemiec, rozbicie

zgrupowań nieprzyjacielskich w Polsce i wyrzucenie z niej hitlerowskich grabieżców oraz wyjście na drogi do Berlina i ważnych życiowo obszarów centralnych i południowych Niemiec, aby przez to stworzyć dogodne warunki dla zadania później decydującego uderzenia i ostatecznego, zupełnego rozbicia hitlerowskiej machiny wojennej. W tymże czasie miało rozwijać się natarcie w Karpatach Zachodnich.

Zadanie rozbicia wschodnio-pruskiego zgrupowania hitlerowców — głównych sił faszystowskich grupy armii „Środek" — Naczelne Dowództwo Radzieckie powierzyło wojskom 3 Frontu Białoruskiego pod dowództwem generała Czerniachowskiego i 2 Frontu Białoruskiego pod dowództwem Marszałka Konstantego Rokossowskiego. Należało rozbić to zgrupowanie uderzeniem prawego skrzydła 3 Frontu Białoruskiego na Królewiec i 2 Frontu Białoruskiego z rejonu dolnej Narwi na Mławę i Malbork w celu odcięcia wschodnio-pruskiego zgrupowania hitlerowskiego od centralnych rejonów Niemiec.

Zadaniem wojsk 1 Frontu Białoruskiego i 1 Frontu Ukraińskiego było rozbicie wojsk hitlerowskich w Polsce — trzech armii grupy „A", i wyzwolenie Polski. Wojska tych frontów miały, wykonując swoje zasadnicze uderzenia z przyczółków zdobytych na zachodnim brzegu Wisły w czasie poprzednich operacji, zniszczyć obronę nieprzyjaciela na Wiśle i rozwijając szybkie natarcie na zachód oraz bijąc odwody podsuwane przez nieprzyjaciela wyjść w jak najkrótszym czasie na ostatnią umocnioną linię broniącą Berlina i centralnych obszarów Niemiec — nad rzekę Odrę, sforsować ją z marszu i uchwycić przyczółki na jej zachodnim brzegu.

1 Front Białoruski miał wykonać swoje główne uderzenie z przyczółków na południe od Warszawy w ogólnym kierunku na Poznań—Kostrzyń; 1 Front Ukraiński — z przyczółka sandomierskiego na Wrocław, a częścią sił — na Kraków i Katowice.

Operację zaczepną w Karpatach Zachodnich miały przeprowadzić wojska 4 i część sił 2 Frontu Ukraińskiego.

Natarcie wojsk radzieckich rozpoczęło się 12 stycznia przy złej pogodzie, która silnie ograniczała działalność lotnictwa i utrudniała wykorzystanie potęgi naszej artylerii w pełnej mierze.

Mimo to uderzenia Armii Radzieckiej, które rozwijały się na całym froncie, oszołomiły wojska hitlerowskie broniące się w Prusach Wschodnich, na Wiśle i w Karpatach. Wojska radzieckie przełamały potężnymi uderzeniami obronę wroga w wielu odcinkach i przystąpiły do przeprowadzenia gwałtownych manewrów w głębi obrony nieprzyjaciela.

Silnie rozbudowane umocnienia umożliwiały hitlerowcom uporczywą obronę Prus Wschodnich przed przeważającymi siłami strony nacierającej.

Niemcy budowały tu w ciągu szeregu lat system umocnień polowych i ciężkich schronów, wzmocnionych różnego rodzaju przeszkodami naturalnymi i sztucznymi przeciw czołgom i piechocie. W czasie wojny — wykorzystując wojsko, ludność cywilną i jeńców

wojennych — wykopano dla wzmocnienia obrony Prus Wschodnich dziesiątki kilometrów rowów ciągłych i przeciwczołgowych oraz przygotowano różnego rodzaju przeszkody, w tej liczbie i pola minowe.

Oprócz tego hitlerowcy przygotowali szereg miejscowości do uporczywej obrony i unowocześnili umocnienia fortec wybudowanych jeszcze w końcu XIX i na początku XX wieku. Szczególnie dużo uwagi poświęciło dowództwo hitlerowskie wszechstronnemu umocnieniu twierdzy Królewiec.

Jednakże cała siła obrony nieprzyjaciela nie mogła przeciwstawić się potędze uderzeń wojsk radzieckich. W ciągu 5—6 dni przerwano front obronny w Prusach Wschodnich. Broniące się wojska hitlerowskie zostały rozgromione. Armie radzieckie po rozbiciu faszystowskiego zgrupowania w rejonie Przasnysz—Mława i Tylża—Wystruć rozwinęły gwałtowne natarcie opanowując z marszu szereg silnych linii obronnych nieprzyjaciela.

Już 26 stycznia część sił radzieckich działających przeciwko wschodnio-pruskiemu zgrupowaniu hitlerowców podeszła do Królewca, otaczając go od strony lądu, część zbliżyła się do Zalewu Wiślanego na wschód od Elbląga.

W rezultacie pomyślnie przeprowadzonego manewru odcięto od pozostałych sił wroga około 30 dywizji faszystowskich i przyparto je do morza częściowo na półwyspie Sambia, częściowo w Królewcu i w rejonie na południo-zachód od Królewca. Poza tym zlikwidowano około 30-tysięczne zgrupowanie niemieckie w Toruniu.

Niemniej skomplikowane i odpowiedzialne było zadanie wojsk 1 Frontu Białoruskiego i 1 Frontu Ukraińskiego, którym przypadło w udziale przerwanie głębokiej strefy obronnej nieprzyjaciela.

Z chwilą gdy armie radzieckie w pomyślnych operacjach zaczepnych odrzuciły armie hitlerowskie za Wisłę, dowództwo hitlerowskie stanęło przed palącym problemem, aby za wszelką cenę zapobiec posuwaniu się wojsk radzieckich w kierunku centralnym do granic właściwych Niemiec i wyjściu na drogi do Berlina.

Dowództwo hitlerowskie przypuszczało, że uda mu się zatrzymać natarcie wojsk radzieckich na linii Wisły w oparciu o silną obronę na zachodnim brzegu rzeki. W wypadku zaś gdyby linia ta nie wytrzymała uderzeń, dalsze posuwanie się wojsk radzieckich miało być zatrzymane na jednej z licznych linii, które dowództwo hitlerowskie zawczasu przygotowało na zachód od Wisły, zamieniajac cały 500-kilometrowy pas między Wisłą i Odrą w jednolitą strefę obrony z siedmioma głównymi pasami i dużą ilością pośrednich linii obrony.

Dowództwo hitlerowskie opierało swe obliczenia na tym, że w wypadku gdy linia Wisły zostanie sforsowana, dla obsadzenia następnych linii obrony będzie można użyć wojsk wycofujących się znad Wisły na zachód oraz odwodów, które dowództwo hitlerowskie zdąży w okresie walk nad Wisłą przerzucić z innych odcinków frontu i z Europy zachodniej.

Jednakże kalkulacje nieprzyjaciela i tym razem zawiodły.

Wojska 1 Frontu Białoruskiego, wykonując swe główne uderzenie z przyczółków na południe od Warszawy, w ciągu dwóch dni złamały wszędzie opór nieprzyjaciela na zachodnim brzegu Wisły, rozbijając całkowicie wszystkie broniące się tu dywizje. W ciągu dwudniowych walk wojska radzieckie posunęły się o 50 km i rozwinęły dalsze gwałtowne natarcie na zachód.

Jednocześnie jednak wojska radzieckie oraz walczące u ich boku jednostki 1 Armii Polskiej, dzięki pomyślnemu manewrowi, wyzwoliły od hitlerowców stolicę Polski — Warszawę, zamienioną przez nieprzyjaciela w silnie umocniony rejon przygotowany do obrony według najnowszych wymagań techniki fortyfikacyjnej. Sami hitlerowcy uważali warszawski rejon umocniony za „bastion" swej obrony na Wiśle.

Rozbite na Wiśle i pozbawione zdolności bojowej wojska faszystowskie nie nadawały się już do obrony następnych linii, a ściągane przez dowództwo hitlerowskie odwody z Europy zachodniej i z innych odcinków frontu nie mogły nadążyć z przygotowaniami do wykonania postawionych im zadań i zostały rozbite w marszu przez ruchliwe wojska radzieckie.

Z dniem 1 lutego wojska Frontu osiągnęły Odrę, sforsowały ją z marszu w rejonie Kostrzynia i uchwyciły przyczółki na zachodnim brzegu rzeki. W rezultacie 18-dniowej operacji głębokość wyłomu radzieckiego na kierunku berlińskim wyniosła prawie 600 km. Wojska 1 Frontu Białoruskiego znalazły się w odległości 60 km od Berlina.

Cała północna Polska z jej stolicą Warszawą została oczyszczona z faszystowskich najeźdźców. W operacji tej rozbito 35 dywizji, które bądź wchodziły w skład wojsk broniących linii Wisły, bądź odwodów wprowadzonych przez dowództwo hitlerowskie w czasie walki na tym kierunku.

Oprócz tego nacierające wojska radzieckie okrążyły garnizony hitlerowskie w Poznaniu i w Pile.

Z niemniejszym powodzeniem działały wojska 1 Frontu Ukraińskiego nacierające z przyczółka sandomierskiego.

Po przełamaniu w dwudniowych walkach (12 i 13 stycznia) głównego pasa obrony hitlerowskiej na Wiśle i po rozbiciu operacyjnych odwodów nieprzyjacielskich wojska Frontu — dzięki gwałtowności głównego uderzenia czołowego — przerwały również wszystkie linie obrony wroga między Wisłą a Odrą i rozgromiwszy silne zgrupowania hitlerowskie dotarły do Odry, pokonując w ciągu 18-dniowej operacji ponad 400 km przestrzeni. Południowa część Polski wraz z Krakowem została oczyszczona z najeźdźców. Wojska radzieckie wyrzuciły hitlerowców i wyzwoliły Górny Śląsk. Po dojściu do Odry wojska 1 Frontu Ukraińskiego sforsowały ją z marszu i uchwyciły przyczółki na jej zachodnim brzegu, stwarzając przez to pomyślne warunki do dalszego rozwoju operacji na kierunku berlińskim i drez-

deńskim. W tej operacji rozbito prawie 30 dywizji nieprzyjaciela i wiele jednostek pomocniczych z dużą ilością techniki.

Znaczenie sukcesów uzyskanych w rezultacie pomyślnych operacji styczniowych 1945 roku było ogromne. Zdecydowały one bezpośrednio o przebiegu ostatniego, rozstrzygającego etapu wojny, znacznie przybliżając chwilę ostatecznego rozbicia hitlerowskiej machiny wojennej i koniec hitlerowskiego imperium.

W czasie ofensywy zimowej 1945 r. wojska radzieckie uwolniły od wroga olbrzymie terytorium z wieloma setkami miast, fabryk wojennych, węzłów kolejowych i stacji.

Wojska hitlerowskie poniosły nowe ciężkie straty: 350 tysięcy oficerów i szeregowych wziętych do niewoli i nie mniej niż 800 tysięcy zabitych.

W okresie zimowych operacji zaczepnych wojska radzieckie zniszczyły i zdobyły około 3 000 samolotów nieprzyjacielskich, ponad 4 500 czołgów i dział szturmowych oraz nie mniej niż 12 000 dział różnego kalibru.

W rezultacie naszych uderzeń wróg został odrzucony daleko na zachód. Armia Radziecka „...całkowicie wyzwoliła Polskę i znaczną część terytorium Czechosłowacji, zajęła Budapeszt i wyeliminowała z wojny ostatniego sojusznika Niemiec hitlerowskich w Europie — Węgry, opanowała większą część Prus Wschodnich i niemieckiego Śląska oraz przebiła sobie drogę do Brandenburgii, na Pomorze i na Berlin“ (rozkaz Generalissimusa Stalina nr. 5 z dnia 23 lutego 1945 r.).

Z punktu widzenia dalszego rozwoju strategii stalinowskiej operacje wojsk radzieckich w 1945 roku charakteryzuje nowe w porównaniu z 1944 r. zjawisko.

Jeśli bowiem cechą charakterystyczną operacji 1944 r. jest kolejne zadawanie wrogowi szeregu druzgocących uderzeń, to dla operacji 1945 roku — w tej liczbie zaczepnych operacji styczniowych — szczególnie charakterystyczna jest okoliczność, że uderzenia wojsk radzieckich rozwinęły się jednocześnie na całym froncie od Morza Bałtyckiego do Karpat. W kampanii zimowej 1945 r. uderzenia Armii Radzieckiej były tak pomyślane, że doprowadziły do pęknięcia całego frontu hitlerowskiego i likwidacji zasadniczych strategicznych zgrupowań wroga.

Celowość stalinowskiego planu strategicznego i siła uderzenia armii radzieckich udaremniły wszystkie próby hitlerowców zmierzające do aktywnego przeszkodzenia ofensywie przez stworzenie krytycznych sytuacji na skrzydłach frontu strategicznego w Prusach Wschodnich i w rejonie Budapesztu. Zawiodły również próby dowództwa hitlerowskiego mające na celu związanie znacznej części wojsk radzieckich i odciągnięcie ich od likwidowania większych i małych „kotłów“, które nieprzyjaciel zostawił na tyłach Armii Radzieckiej (okrążenie przez wojska radzieckie zgrupowania w Prusach Wschodnich, w Kurlandii, Poznaniu i innych).

W czasie Wielkiej Wojny Narodowej Naczelne Dowództwo Radzieckie świetnie rozwiązywało nadzwyczaj trudne zadanie dowodzenia strategicznego współdziałania kilku frontów.

W operacjach 1945 roku, gdy wojska radzieckie przeszły na całym froncie do natarcia, problem właściwego zorganizowania współdziałania strategicznego między frontami i grupami frontów działających równocześnie na różnych odcinkach strategicznych nabrał szczególnej ostrości. Również i ten problem Naczelne Dowództwo wspaniale rozwiązało. Należy przy tym pamiętać, że zadanie to trzeba było rozwiązać w nader skomplikowanych warunkach walk rozwijających się na bardzo szerokich frontach i w gwałtownym tempie.

I znowu, tak jak w operacjach 1944 roku, Naczelne Dowództwo Radzieckie nadzwyczaj trafnie rozwiązało problem zaskoczenia operacyjno-strategicznego. Uderzenia wojsk radzieckich były dla wroga nieoczekiwane. Odwody hitlerowskie podobnie jak w roku 1944 musiały przesuwać się z miejsca na miejsce wzdłuż całego frontu radziecko-niemieckiego.

W operacjach zimowych 1945 roku wojska radzieckie uzyskały niezwykle szybkie tempo natarcia. Rzecz prosta, że takie tempo było możliwe tylko dzięki zdolności przebojowej wojsk radzieckich oraz ich ruchliwości, co zawdzięczały zaopatrzeniu w dużą ilość najlepszych na świecie czołgów, artylerii, w tej liczbie również artylerii pancernej, oraz w duże ilości transportu samochodowego.

Ilościowy i jakościowy wzrost artylerii radzieckiej na przestrzeni wojny oraz ciągłe ulepszanie metod wykorzystania jej w walce spowodował, że stała się ona naprawdę groźną bronią w rękach Dowództwa Radzieckiego, bronią zdolną do rozstrzygania najbardziej odpowiedzialnych zadań.

Wojska radzieckie wykonując swoje zobowiązania sojusznicze przeszły do natarcia przy niesprzyjających warunkach meteorologicznych, gdy użycie lotnictwa w szerszej skali okazało się niemożliwe, a warunki prowadzenia ognia artyleryjskiego były również bardzo skomplikowane. Niemniej jednak artyleria radziecka z honorem wywiązała się z ciążących na niej zadań. Potężnym, zmasowanym i dobrze kierowanym ogniem torowała ona drogę piechocie radzieckiej i czołgom do głęboko ugrupowanej, przygotowanej zawczasu obrony wroga. Już w ciągu pierwszego dnia walki wojska nasze dzięki potężnemu wsparciu artylerii były w stanie przerwać na szeregu odcinków główny pas obrony nieprzyjaciela i wbić się głęboko w ugrupowanie obrony nieprzyjaciela.

W wielu wypadkach podczas walk w głębi obrony nieprzyjacielskiej, gdy hitlerowcy próbowali uporczywie bronić tego lub innego silnie umocnionego węzła obrony, artyleria radziecka swym zmasowanym ogniem łamała opór nieprzyjaciela.

W styczniowych operacjach ofensywnych Armii Radzieckiej wyjątkowo ważną rolę odegrały radzieckie związki pancerne. Wbiły się one potężnymi klinami w ugrupowanie obrony nieprzyjacielskiej i gwałtownie ścigając cofające się wojska faszystowskie gromiły

z marszu ich odwody, które próbowały zająć obronę na liniach pośrednich.

Dobre zaopatrzenie piechoty i artylerii w transport samochodowy umożliwiło ścisłe współdziałanie tych broni z wojskami pancernymi na wszystkich etapach ofensywy, mimo jej gwałtownego tempa.

Jest rzeczą oczywistą, że utrzymanie tak szalonego tempa i na tak długą metę nie byłoby możliwe, gdyby generałowie i oficerowie radzieccy nie nauczyli się przeprowadzania nowoczesnych głebokich operacji zaczepnych i współdziałania operacyjnego między wszystkimi rodzajami wojsk, przede wszystkim między związkami pancernymi, piechotą, artylerią i lotnictwem.

Siła uderzenia i gwałtowność natarcia wojsk radzieckich splotły się z wyjątkowym bogactwem form manewrów stosowanych przez nas w styczniowych operacjach zaczepnych. W operacjach tych znalazły swoje miejsce uderzenia frontalne i skrzydłowe oraz manewry — obejścia i okrążenia, które doprowadziły na przykład do odcięcia silnego zgrupowania wojsk hitlerowskich w Prusach Wschodnich od reszty terytorium Niemiec i przyparcia ich do morza.

Skutkiem zastosowania głębokich uderzeń frontalnych hitlerowska grupa armii „A" została rozdrobniona na oddzielne odizolowane od siebie części, które bądź zostały zniszczone w czasie walki, bądź też wzięte do niewoli przez wojska 1 Frontu Ukraińskiego i 1 Frontu Białoruskiego. Poza tym okrążono szereg wielkich zgrupowań nieprzyjacielskich próbujących stawiać czoło poszczególnym silnym natarciom naszych wojsk. Zostały więc okrążone grupy wojsk hitlerowskich w rejonie Torunia, Piły, Poznania i szeregu innych miejscowości.

Dzięki wysokiemu poziomowi wyszkolenia wojsk radzieckich, mistrzostwu dowodzenia nimi i ścisłemu współdziałaniu poszczególnych rodzajów broni armie radzieckie szybko pokonywały wszystkie, przygotowane zawczasu nieprzyjacielskie linie obrony. Tak została zmiażdżona głęboka na 90 km linia Wisły, wzmocniona ciężkimi schronami obrona hitlerowska w Prusach Wschodnich, a także ufortyfikowane rejony na wschodnim brzegu Odry — rejon umocniony Międzyrzecza i Wał Pomorski.

Zastosowanie we właściwym czasie przez Dowództwo Radzieckie odpowiednich środków zabezpieczających skrzydła głównej radzieckiej grupy uderzeniowej, która gwałtownie i głęboko wdarła się w głąb ugrupowania wroga, spowodowało, że wszystkie próby dowództwa hitlerowskiego, które miały przeszkodzić rozwojowi naszego natarcia uderzeniami na skrzydła, skończyły się całkowitym fiaskiem.

Wojska radzieckie wykazały dużą umiejętność działania w zimie w skomplikowanych górzysto-lesistych warunkach terenowych Karpat i na lesistych, usianych jeziorami obszarach Prus Wschodnich oraz umiejętność pomyślnego prowadzenia walk w dużych miastach.

Nie osłabiła tempa ofensywy wojsk radzieckich i ta okoliczność, że musiały one posuwać się i walczyć w terenie pokrytym siecią miasteczek zawczasu zamienionych w silne punkty i węzły oporu.

W rozkazie nr. 5 z 23 II 1945 r. Generalissimus Stalin wyjątkowo wysoko ocenił wyniki ofensywy styczniowej wojsk radzieckich: „Armia Czerwona znajduje wciąż nowe siły dla rozwiązania coraz bardziej skomplikowanych i trudnych zadań. Obecnie jej sławni bojownicy nauczyli się gromić i unicestwiać wroga według wszelkich prawideł współczesnej nauki wojskowej. Nasi żołnierze, natchnieni świadomością swej wielkiej misji wyzwoleńczej, dokazują cudów bohaterstwa i ofiarności, umiejętnie kojarzą odwagę i bezgraniczne męstwo w bitwie z całkowitym wykorzystaniem siły i mocy swojej broni. Generałowie i oficerowie Armii Czerwonej po mistrzowsku kojarzą skoncentrowane uderzenia potężnego sprzętu technicznego z kunsztownym i szybkim manewrem. W czwartym roku wojny Armia Czerwona stała się mocniejsza i silniejsza bardziej niż kiedykolwiek, jej bojowy sprzęt techniczny stał się jeszcze doskonalszy, a kunszt bojowy — wielekroć wyższy“.

Swoją zwycięską ofensywą zimową 1945 r. Armia Radziecka wpisała nowe wspaniałe karty do swej sławnej historii wojennej. Znakomitymi działaniami bojowymi wzbogaciła ona w znacznym stopniu skarbiec radzieckiej sztuki wojennej.

Marszałek Wojsk Łączności I. PERESYPKIN

WOJSKA ŁĄCZNOŚCI ARMII RADZIECKIEJ *

Z okazji 32 rocznicy Armii Radzieckiej łącznościowcy radzieccy, jak wszyscy radzieccy żołnierze, reasumując wyniki sławnych zwycięstw przeżywają uczucie gorącej miłości do swojej socjalistycznej Ojczyzny, do partii bolszewickiej, do wielkiego wodza narodów, Stalina.

Wojska łączności były stworzone przez W. I. Lenina i J. W. Stalina w pierwszych miesiącach organizowania Sił Zbrojnych młodej republiki radzieckiej. W maju 1918 r. na polecenie W. I. Lenina powstał przy Ludowym Komisariacie Poczt i Telegrafów specjalny oddział łączności dla organizacji łączności między Sztabem Głównym a sztabami frontów i między sztabami frontów a armiami. Wtedy to partia bolszewicka i rząd radziecki, organizując walkę z kontrrewolucją wewnętrzną i wdzierającymi się do kraju radzieckiego armiami interwentów zagranicznych, zdecydowali wprowadzić do sztabów dywizji piechoty i brygad specjalne oddziały mające zapewnić im łączność w działaniach taktycznych.

Były to pierwsze kroki w kierunku stworzenia centralnego systemu łączności wojskowej. W wojskach radzieckich istniały różnorodne organa łączności, nie mające jednolitego kierownictwa. Np. organizacja łączności radiowej była oddzielona od łączności przewodowej i kierował nią specjalny inspektor, wewnętrzna łączność sztabów była oddzielona od łączności bojowej i miała także swoich kierowników; zaopatrzenie oddziałów łączności w sprzęt techniczny należało do dowództwa inżynierii.

To wszystko nie odpowiadało oczywiście nowym wymaganiom stawianym łączności, a wypływającym z zasad stalinowskiej nauki wojennej, której wszystkie zagadnienia w większym lub mniejszym nasileniu znalazły swoje praktyczne rozwiązanie jeszcze w latach wojny domowej. Zgodnie z tymi wymaganiami konieczna była gruntowna reorganizacja całego systemu łączności Armii Radzieckiej. Podstawą reorganizacji były historyczne uchwały VIII Zjazdu partii

---

* Tłumaczenie artykułu pt. „Wojska swiazi Sowietskoj Armii“ zamieszczonego w „Krasnoj Zwiezdie“.

bolszewickiej, na którym tow. Stalin zażądał stworzenia silnej, wysoko zdyscyplinowanej, regularnej armii o właściwie postawionych organach politycznych i centralnym dowództwie. Kierując się uchwałami Zjazdu, określającego praktycznie przeprowadzenie utworzenia regularnej Armii Czerwonej, partia i rząd radziecki przyjęli szereg ważnych decyzji, do których zaliczyć należy i decyzję o centralizacji łączności wojskowej. Oznaczało to włączenie wszystkich oddziałów łączności pod wspólne kierownictwo, tj. stworzenie specjalnego rodzaju wojsk.

20 października 1919 r. utworzone zostało Główne Dowództwo Łączności Czerwonej Armii (USKA). Jednocześnie mianowano szefów łączności we wszystkich sztabach jednostek wojskowych. Wprowadzono ściśle scentralizowany system kierowania łącznością, obejmujący telegraf, telefon i radio. Szefowie łączności odpowiadali za wyszkolenie polityczne i bojowe swoich podwładnych, za stan sprzętu technicznego, za organizację i pewność działania łączności; również zaopatrzenie techniczne wojsk łączności było scentralizowane. Wszystkie te zmiany były wprowadzone w przeciągu wyjątkowo krótkiego czasu przy bezpośrednim poparciu i osobistej pomocy W. I. Lenina i J. W. Stalina.

W tym okresie wojska Armii Czerwonej dowodzone przez tow. Stalina osiągały wspaniałe zwycięstwa na południu, niszcząc resztki doborowych dywizji Denikina. Jednakże partia bolszewicka wiedziała, że młoda republika radziecka będzie musiała przetrzymać niejedną jeszcze próbę i że dla końcowego zwycięstwa nad zjednoczonymi siłami wewnętrznej i zewnętrznej reakcji należy nieustannie wzmacniać potęgę Sił Zbrojnych. Partia bolszewicka uporczywie wcielała w życie polecenia Lenina i Stalina ścisłej centralizacji dowodzenia wojskami.

W swej działalności młode wojska łączności niezmiennie otrzymywały pomoc partii i rządu. Znane są powszechnie zarządzenia rządu wydane na podstawie polecenia W. I. Lenina o wycofaniu polowych aparatów telefonicznych i kabla polowego ze wszystkich instytucji i organizacji tyłowych i przekazaniu ich dla potrzeb armii; o mobilizacji i odesłaniu do wojsk łączności wszystkich łącznościowców nie pracujących w swojej specjalności.

Wielcy wodzowie ZSRR wyjątkową wagę przykładali do wyposażenia technicznego wojsk łączności. W. I. Lenin i J. W. Stalin, przygotowując 1 Armię Konną do głębokiego wypadu na tyły wroga, osobiście troszczyli się i zabiegali o to, by wyposażyć sztaby w radiostacje.

„Bezwzględnie konieczne są dla Frontu Południowego radiostacje kawaleryjskie...“ — pisał Włodzimierz Iljicz 15 października 1919 r. w swoim piśmie do Rewolucyjnej Wojennej Rady Republiki i, polecając wziąć te radiostacje ze składów dowództwa inżynierii, dodał: „Tego żąda Stalin...“

W okresie wojny domowej powstały zasady racjonalnego wykorzystania w różnych sytuacjach bojowych różnych środków łączności

zgodnie z ich taktyczno-technicznymi właściwościami. W związku z wypływającymi ze stalinowskiej nauki wojennej nowymi wymaganiami o centralizacji dowodzenia ustalono ścisłe zasady organizacji łączności: „z góry do dołu", tj. od dowódcy przełożonego do podwładnych; „z prawa na lewo" — między dowódcami równorzędnymi, i od wojsk specjalnych do dowódców ogólnowojskowych i sztabów — dla współdziałania w walce różnych rodzajów wojsk. Te pierwsze zasady organizacji łączności zostały później rozwinięte stosownie do różnorodnych sytuacji bojowych i z uwzględnieniem właściwości wszystkich rodzajów wojsk.

Wspaniałym zwycięstwem nad wrogami zakończyła sie wojna domowa. Nadszedł okres pokojowego budownictwa socjalistycznego. W wyniku pomyślnego wykonania pięciolatek stalinowskich Związek Radziecki przekształcił się w potężne państwo przemysłowe i o najbardziej zmechanizowanej socjalistycznej uprawie roli.

Wraz z ekonomicznym wzrostem kraju rosły i krzepły Radzieckie Siły Zbrojne. Stworzony w kraju potężny przemysł elektrotechniczny pozwolił na szybkie zaopatrzenie armii w pierwszej jakości sprzęt łączności. Uczeni radzieccy, inżynierowie, konstruktorzy otoczeni stałą opieką partii, rządu i Stalina kontynuowali dzieło swych rodaków — A. S. Popowa, B. S. Jakobiego, A. H. Stoletowa, P. M. Hołubickiego, których prace wsławiły naszą Ojczyznę jako ojczyznę radia, telegrafu i fototelegrafu, jako kraj, który dał ludzkości pierwszy praktyczny aparat telefoniczny. Całemu światu znane są nazwiska uczonych radzieckich: M. W. Szulejkina, M. A. Boncz-Brujewicza, A. Ł. Minca, W. I. Kowalenkowa i wielu innych, którzy rozwiązali najważniejsze zagadnienia współczesnej techniki łączności. Na bazie ich osiągnięć powstały nieprześcignione wzory wojskowego sprzętu łączności, który zdał w pełni swój egzamin w latach Wiekiej Wojny Narodowej.

Partia bolszewicka i rząd radziecki wielką uwagę zwracali na wyszkolenie wysoko kwalifikowanych kadr, tworząc specjalne szkoły łączności i różne kursy. Oficerowie łącznościowcy otrzymywali wyższe wykształcenie w stworzonej z rozkazu tow. Stalina Akademii Łączności. W latach poprzedzających Wielką Wojnę Narodową te zakłady naukowe wyszkoliły setki i tysiące wysoko wykształconych oficerów szkoły stalinowskiej, posiadających wysoką znajomość współczesnej taktyki i techniki łączności. Tym właśnie oficerom przypadło w udziale zdawać ciężki egzamin w czasie Wielkiej Wojny Narodowej.

W okresie wojny znaczenie łączności wzrastało w miarę tego, jak rozwijała się radziecka nauka wojenna, doskonaliła się sztuka dowodzenia wojskami, zmieniała się taktyka poszczególnych rodzajów wojsk, ich rola w walce.

Łącznościowcy Armii Czerwonej wraz z wojskami innych broni sumiennie i dzielnie wypełniali swoje obowiązki względem Ojczyzny. Nie szczędzili swych sił i życia, aby wypełnić zadania bojowe. Umiejętnie stosując na polach walki doskonałą technikę radziecką, nie

ustawali w przyswajaniu sobie przebogatych doświadczeń wojny, poznawali i doskonalili swoją technikę bojową i stawali się, podobnie jak wszyscy żołnierze Armii Radzieckiej, mistrzami w swym zawodzie.

Dzięki stałej opiece i kierownictwu partii, rządu i osobistemu poparciu Stalina wojska łączności w okresie Wielkiej Wojny Narodowej niezawodnie zapewniały dowództwu kierowanie walką. Łącznościowcy pokazali wysokie wyszkolenie i świadomość polityczną przy wypełnianiu swoich specjalnych zadań w trudnych warunkach aktywnej obrony w pierwszym okresie wojny; w zimowych operacjach ofensywnych Armii Radzieckiej pod Moskwą; w wielkiej bitwie stalingradzkiej; w bitwie pod Kurskiem i przy forsowaniu Dniepru. Bohatersko i z jeszcze większym mistrzostwem spełniali swój obowiązek w sławnych dziesięciu uderzeniach stalinowskich, w bitwie o Berlin i w działaniach przeciwko imperialistycznej Japonii. W tych wszystkich działaniach jaskrawo uwydatnił się triumf radzieckiej nauki wojennej nad wojenną nauką nieprzyjaciela. Te operacje wykazały, że dowódcy i sztaby całkowicie opanowali stalinowską sztukę zwyciężania, nauczyli się po mistrzowsku kierować wojskami w najbardziej trudnych warunkach.

Przyczyniła się do tego i praca łącznościowców, zapewniająca Kwaterze Głównej niezawodne centralizowane kierownictwo wszystkimi powiązanymi wzajemnie operacjami. „Dokładna praca podwładnych sztabów i rozwój środków łączności — pisze Marszałek Związku Radzieckiego A. M. Wasilewski — pozwoliła Kwaterze Głównej na bezpośredni kontakt nie tylko z frontami i armiami, lecz także z korpusami i dywizjami".

Uczucia gorącej miłości do swojej Ojczyzny, wierność przysiędze żołnierskiej, bezgraniczna ufność do partii bolszewickiej i do Stalina wiodły łącznościowców do bohaterskich czynów. Na zawsze zapisane są do bojowych kronik wojsk łączności żołnierskie czyny radiotelegrafisty Fiodora Łuzana, sierżanta Nowikowa, komsomołki-radiotelegrafistki Heleny Stempkowskiej, gwardzisty-łącznościowca Kostriuczka i wielu, wielu innych żołnierzy i dowódców-łącznościowców. Dokazywali oni czynów bohaterskich w imię wolności i niezawisłości naszej Ojczyzny, w imię pokoju i szczęścia ludu pracującego.

Partia bolszewicka, rząd radziecki i Stalin wysoko oceniali pracę wojsk łączności na polach Wielkiej Wojny Narodowej. Najwyższy Zwierzchnik Sił Zbrojnych, Generalissimus Związku Radzieckiego, Stalin, w swoich rozkazach oznajmiających zwycięstwa Armii Radzieckiej, na równi z innymi wojskami, wyróżniającymi się w bitwach i operacjach, stale podkreślał bojową dzielność łącznościowców.

Na cześć wyzwolenia miast przez Armię Radziecką nadawano oddziałom łączności nazwy honorowe. Wręczano im gwardyjskie sztandary. Ich bojowe chorągwie ozdabiały sławne ordery Związku Radzieckiego. Ponad 200 żołnierzy łączności dostąpiło zaszczytu od-

znaczenia Bohatera Związku Radzieckiego, dziesiątki tysięcy odznaczonych zostało orderami i medalami Związku Radzieckiego.

W okresie swego istnienia wojska łączności Armii Radzieckiej przeszły wielką i sławną drogę bojową. Obecnie wraz z całymi Siłami Zbrojnymi stoją na straży pokoju i bezpieczeństwa. Łącznościowcy uparcie i wytrwale opanowują naukę i technikę wojenną. Wypełniając zadania, postawione przez Stalina łącznościowcy twórczo przyswajają sobie doświadczenia Wielkiej Wojny Narodowej, nieustannie pracują nad podniesieniem swych kwalifikacji i wyszkolenia politycznego, opanowują nową, bardziej udoskonaloną technikę i utrzymują na najwyższym poziomie dyscyplinę.

Z DOŚWIADCZEŃ ARMII RADZIECKIEJ

Przenoszenie węzłów łączności w czasie zmian SD i PO w okresie operacji ofensywnych 1944—1945 r.

Doświadczenia Wielkiej Wojny Narodowej Związku Radzieckiego uczą nas nowych zagadnień dotyczących prowadzenia nowoczesnej walki. Szczególnie ciekawe są zagadnienia dowodzenia wojskami w skomplikowanych formach walk ofensywnych na silnie umocnioną i głęboko urzutowaną obronę nieprzyjaciela.

Liczne działania zaczepne prowadzone w najróżnorodniejszych warunkach przez Armię Radziecką w okresie 1944—1945 r. potwierdziły trudności kierowania walką z jednego punktu — ze stanowiska dowodzenia. Z jednej strony dążenie dowódcy dywizji do obserwacji pola walki i bezpośredniego kierowania nią zmuszało go do jak największego zbliżenia się do pierwszych linii swoich wojsk, a z drugiej — dążność do zapewnienia ciągłości dowodzenia, stworzenia właściwych warunków do pracy sztabu i uchronienia go od strat wymagały rozmieszczenia sztabu (stanowiska dowodzenia) w pewnej odległości od przedniego skraju. W praktyce prowadziło to do tego, że dowódca dywizji w czasie natarcia przesuwał się bliżej przedniego skraju — na punkt obserwacyjny, posiadając przy sobie niewielką grupę oficerów sztabu, a szef sztabu z większą częścią oficerów sztabu znajdował się na stanowisku dowodzenia, położonym nieco dalej od przedniego skraju. Cała zaś pozostała część dowództwa dywizji, nie związana bezpośrednio z dowodzeniem walką, tworzyła drugi rzut i znajdowała się jeszcze bardziej w tyle.

Działania ofensywne 1944—1945 r. wykazały, że po zajęciu położenia wyjściowego do natarcia wymienione wyżej części dowództwa dywizji znajdowały się średnio w następujących odległościach od przedniego skraju:

— PO dowódcy dywizji — 1 km,
— SD dywizji — 2—4 km,
— II rzut dowództwa — 8—12 km.

Z powyższych cyfr widać, że dowódca był oddalony od swego sztabu na średnią odległość od 1 do 3 km. Widzimy dalej, że PO dowódcy przekształca się w samodzielny ośrodek dowodzenia wojskami, co utrzymuje się zazwyczaj przez cały czas trwania operacji. W poniż-

szym zestawieniu podajemy przykłady zmian stanowisk dowodzenia i zmian punktów obserwacyjnych pewnych dywizji piechoty w czasie różnych operacji zaczepnych na terenach Polski w 1944—1945 r.

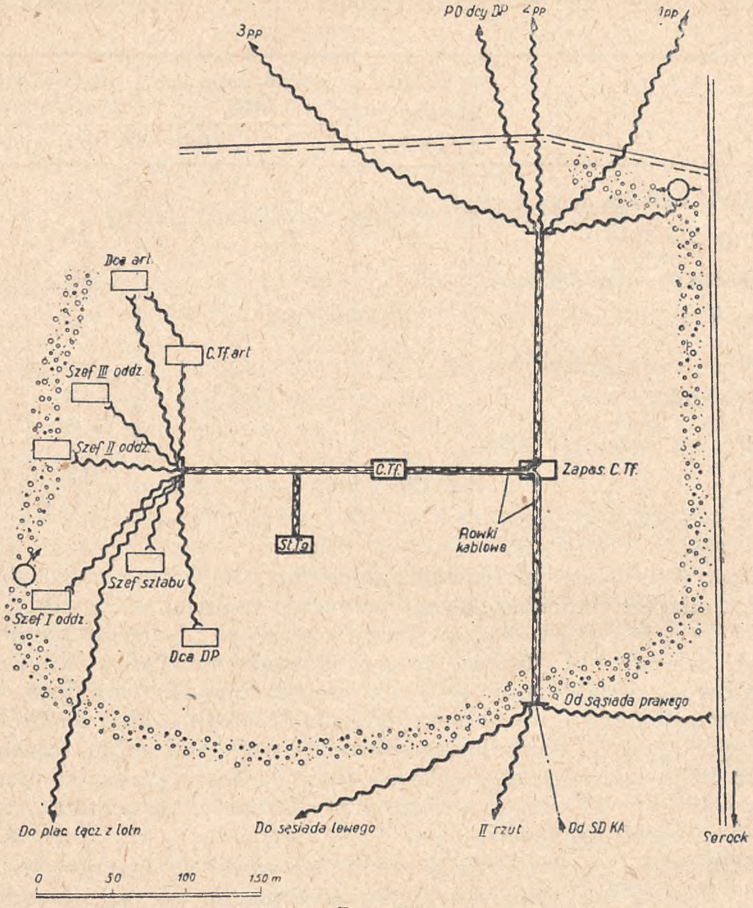
	Ogólna głębokość operacji	Ilość przeniesień (km)		Średnia odległość przeniesień (km)	
		SD	PO	SD	PO
N-ta DP w walkach na zachód od Kowla VII. 1944 r.	14	2	4	6,8	3,2
P-ta DP w walkach na płd.wsch. od Suwałk X. 1944 r.	16	1	2	14,0	4,5
R-ta DP w walkach w b. Prusach Wsch. X. 1944 r.	28	6	7	4,8	3,9
S-ta DP w walkach w rej. Kielc I. 1945 r.	40	4	7	8,5	4,8
T-ta DP w walkach I. 1945 r.	14	2	4	6,5	3,0

Powyższe dane jak również wiele innych wskazują, że stanowiska dowodzenia zmieniały swoje położenie rzadziej niż punkty obserwacyjne, tj., że SD i PO w czasie walk stanowiły zupełnie samodzielne ośrodki dowodzenia. Wobec tego, że dowodzenie walką odbywało się z tych dwóch ośrodków nie tylko na podstawie wyjściowej, lecz i w czasie trwania natarcia, wymagana była dla każdego z nich oddzielna organizacja łączności pozwalająca dowodzić wojskami jednocześnie z SD jak i z PO. Dla lepszego wykorzystania środków łączności przez oficerów sztabu na SD i PO, a także przy II rzucie dowództwa organizowane były węzły łączności.

Najbardziej rozwiniętym węzłem był węzeł na stanowisku dowodzenia. Był on tak zbudowany, aby przekazanie decyzji dowódcy dywizji, otrzymanie meldunków od podwładnych i jednostek współdziałających, utrzymywanie łączności ze sztabem korpusu i z sąsiednimi dywizjami mogło odbywać się jednocześnie. Węzeł ten składał się z centrali telefonicznej, stacji telegraficznej, węzła radiowego, placówki łączności z lotnikiem, składnicy meldunkowej i odwodu łączności. Elementy węzła były rozmieszczane tak, aby zapewnić im najlepszą ochronę i najkorzystniejsze warunki pracy.

Zwykle centrala telefoniczna i stacja telegraficzna znajdowały się w odległości 50—100 metrów od grupy operacyjnej sztabu; składnica meldunkowa w pobliżu dróg prowadzących do SD; placówka łączności z lotnikiem — w rejonie lądowiska dla samolotów w odległości do 1—1,5 km od SD; odwód łączności — w odległości około 1 km od SD. Radiostacje i odbiorniki dla łączności z podwładnymi znajdowały się niedaleko grupy operacyjnej, radiostacje dla łączności z przełożonymi położone były dalej od węzła.

Przybliżony obraz rozmieszczenia węzła łączności na stanowisku dowodzenia dywizji piechoty przedstawia rysunek 1.



Rys. 1

Na rysunku tym podany jest węzeł łączności pewnej dywizji piechoty w okresie forsowania przez nią rzeki Narew w styczniu 1945 r. W podobny sposób były rozwijane węzły łączności i w innych dywizjach.

Stację telegraficzną stanowił jeden aparat telegraficzny, przez który utrzymywana była łączność ze sztabem korpusu. Łączność telegraficzna służyła tak do przekazywania dokumentów szyfrowanych do sztabu korpusu i armii jak również do prowadzenia rozmów operacyjnych.

W pomieszczeniu stacji telegraficznej mieściła się zwykle i ekspedycja telegrafu. Jeśli węzeł musiał być bardziej ścieśniony lub brak było pomieszczeń, stację telegraficzną umieszczano razem z centralą telefoniczną.

Centrala telefoniczna składała się z jednej lub dwóch łącznic induktorowych zależnie od ich pojemności. Liczba abonentów wewnętrznych na SD dochodziła niekiedy do 15—17. Dla takiej ilości abonentów nie zawsze mogła wystarczyć pojemność posiadanych łącznic (dochodziły do tego także jeszcze linie zewnętrzne) i wtedy wykorzystywane były łącznice zdobyczne.

Linie łączności wewnętrznej i zewnętrznej doprowadzane były do skrzynek wprowadzających znajdujących się na odległościach powyżej 25 metrów od centrali i od skrzynek do łącznicy były prowadzone w formie splotów kabli. Jeśli miejsce pozwalało, linie były podwieszane na podporach naturalnych. Na przestrzeniach otwartych linie układano w specjalnych rowkach.

W szeregu dywizji 1 Frontu Białoruskiego nie stosowano splotów dla doprowadzenia linii do łącznicy. W tych dywizjach linie doprowadzano w rowkach głębokich na 30—40 cm, których dno wyłożone było deskami. Stosowanie splotów było jednak korzystniejsze ze względu na większą szybkość rozwijania węzła. Oczywiście sploty musiały być tak wykonane, aby zapewniały dobrą izolację żył i nie wprowadzały przesłuchów do obwodów.

Dużą trudnością dla niektórych dywizji w urządzaniu węzłów na SD było nieprzygotowanie zapasowych stacji telefonicznych, co wpływało ujemnie na pewność łączności przewodowej. W pewnym wypadku stacja telefoniczna została zniszczona przez pocisk nieprzyjacielski. Łączność przewodowa nie byłaby przerwana w wypadku przygotowania zapasowego pomieszczenia. Doświadczenie wykazuje, że na SD dywizji powinno być przygotowane zawsze zapasowe pomieszczenie na centralę telefoniczną. Urządza się je w schronie lub okopie w odległości 100—200 metrów od istniejącej centrali telefonicznej. Szefowie kierunków łączności podają do tego pomieszczenia linie połączeniowe do swoich kierunków. Łącznicy telefonicznej na zapasowym miejscu nie ustawia się i z tego względu przy zniszczeniu centrali telefonicznej zasadniczej łączność utrzymywana jest w pierwszej chwili za pomocą aparatów telefonicznych dołączonych do końców linii zewnętrznych. Po zainstalowaniu łącznicy organizuje się łączność wewnętrzną, a linie zewnętrzne dołącza się do łącznicy.

Ponieważ stanowisko dowodzenia dowódcy dywizji znajduje się w zasięgu działania nieprzyjacielskiego, ognia artyleryjskiego, wszystkie elementy węzła powinny być dokładnie zamaskowane i zabezpieczone przed ogniem. Prace saperskie najczęściej były przeprowadzane siłami samych łącznościowców. W tym celu szefowie łączności organizowali cały skład osobowy wraz z odwodem do prac przy urządzaniu węzłów. Centrale telefoniczne, stacje telegraficzne oraz radiostacje przenośne mieściły się w schronach. Radiostacje samochodowe były głęboko okopane, aby zabezpieczyć od rażenia odłamkami pocisków nie tylko silniki samochodów, ale całą radiostację. Srodki przewozowe składnicy meldunkowej i odwód łączności mieściły się w specjalnie wykonanych schronach lub szczelinach.

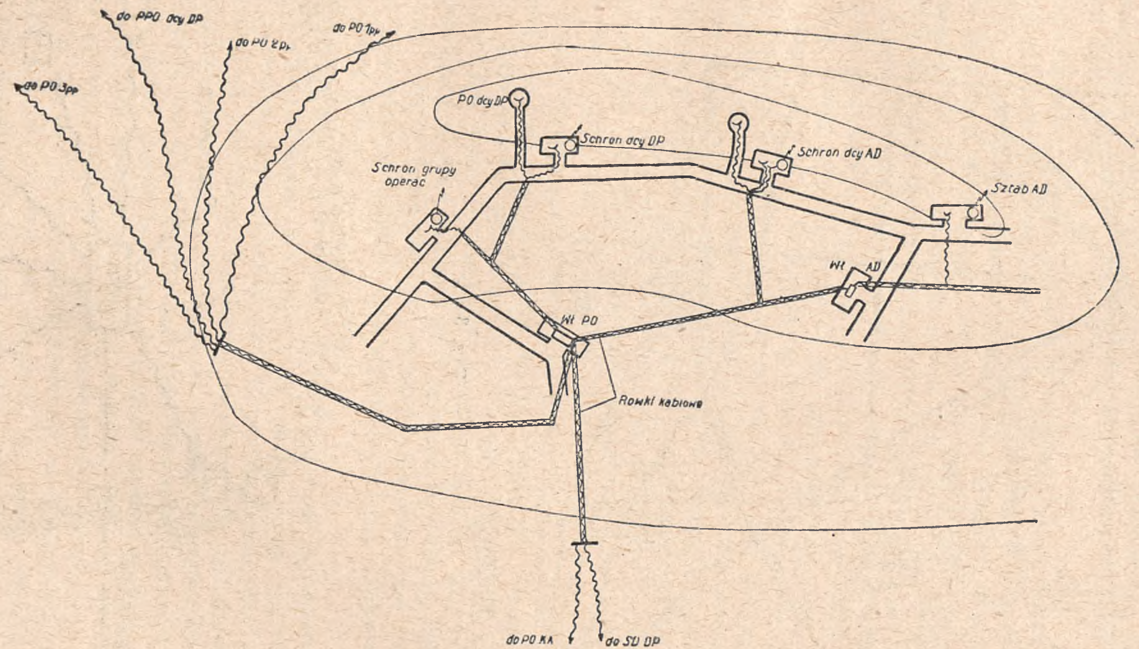
Przy zmianach stanowiska dowodzenia ze względu na ograniczony czas nie można było urządzać węzła łączności tak starannie jak na podstawie wyjściowej. Rozwijano go zwykle przy wykorzystaniu osłon terenowych oraz wykorzystywano szeroko okopy, rowy łączące, szczeliny, a także doły i inne.

Węzeł łączności na punkcie obserwacyjnym dowódcy dywizji piechoty był z zasady znacznie mniejszy od węzła na stanowisku dowodzenia. Zwykle na punkcie obserwacyjnym razem z dowódcą dywizji znajdował się również dowódca artylerii dywizyjnej, dwóch, trzech oficerów oddziału operacyjnego i zwiadowczego sztabu dywizji, saper dywizyjny, szef łączności, obrona PO oraz grupa łącznościowców obsługująca węzeł. Mieścili się oni w wybudowanych przez saperów schronach i szczelinach połączonych między sobą rowami łączącymi. Na punkcie obserwacyjnym zainstalowane były łącznice telefoniczne piechoty i artylerii, kilka aparatów telefonicznych, radiostacje dowódcy dywizji i artylerii. Obraz urządzonego PO może dać rysunek 2. W ten sposób był urządzony PO pewnej dywizji piechoty w działaniach ofensywnych w kierunku na Tukum w lutym 1945 r. Charakterystycznym momentem dla PO jest to, że przy dowódcy artylerii dywizyjnej znajduje się cały jego sztab. Takie wypadki zdarzały się bardzo rzadko i nie są typowe dla PO większości dywizji. W pozostałych szczegółach ten PO odpowiada w zupełności punktom obserwacyjnym rozwijanym przez inne dywizje.

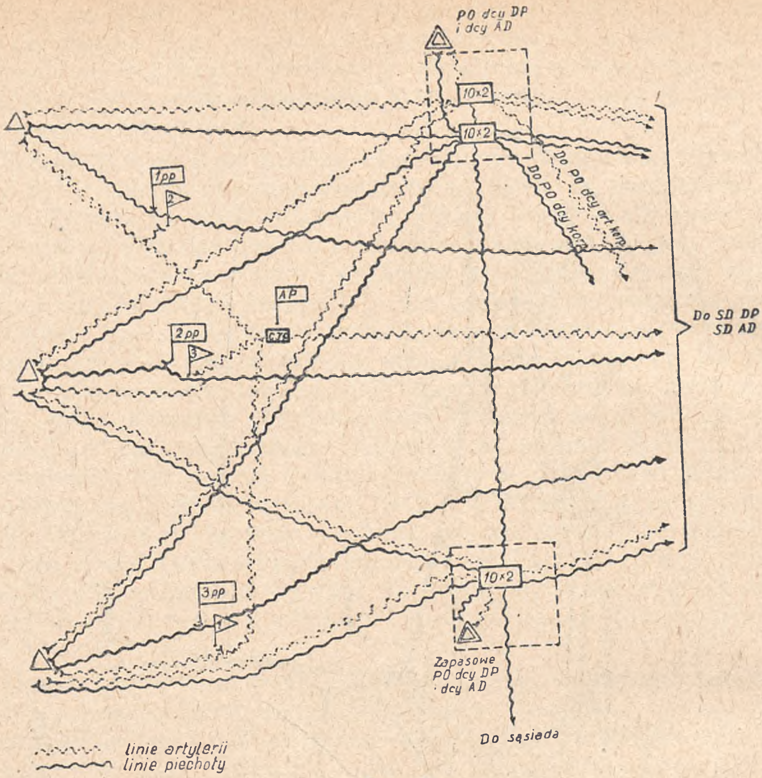
Oprócz głównego punktu obserwacyjnego nierzadko spotyka się w dywizji pomocnicze punkty obserwacyjne, jednak są one w większości wypadków tylko dodatkowymi organami ułatwiającymi obserwację tej części pola walki, która nie może być objęta obserwacją z głównego PO. Z tych względów nie instaluje się na tych PO węzłów łączności. Niekiedy, oprócz pomocniczych punktów obserwacyjnych spotykało się w dywizjach zapasowe PO. Stosowano je wtedy, gdy dywizja przechodziła do natarcia z obrony stałej, którą zajmowała dłuższy czas. Poprzedzający natarcie okres obrony pozwala stworzyć rozgałęzioną sieć przewodową, łączącą liczne węzły. Węzeł na zapasowym PO w tym wypadku urządza się z tym obliczeniem, że musi on objąć całą łączność niezbędną do kierowania walką. W ten sposób był zorganizowany np. węzeł łączności na zapasowym PO w natarciu pewnej dywizji w kierunku na Tylżę w styczniu 1945 r. (zob. rys. 3).

Węzły łączności przy II rzutach dowództwa dywizji były najmniej technicznie wyposażone. Składały się one z centrali telefonicznej, jednej radiostacji i niekiedy tyłowej składnicy meldunkowej. Do centali telefonicznej dochodziły linie od SD dywizji i oddziałów tyłowych oraz linie łączności wewnętrznej. Przykład węzła łączności II rzutu dowództwa dywizji podaje rys. 4.

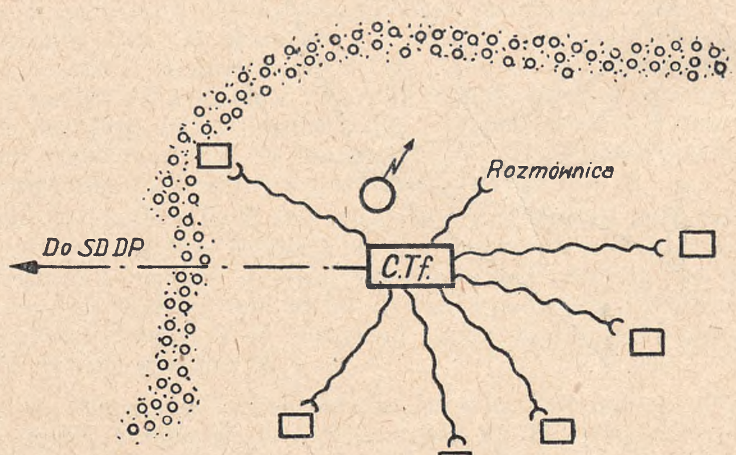
Zmiana elementów dowodzenia w natarciu odbywała się w następujący sposób. Przede wszystkim przenosił się PO dowódcy dywizji, następnie SD i wreszcie II rzut dowództwa. Ponieważ przygotowanie do przeniesienia tych elementów dowodzenia odbywało się jednocześnie, szef łączności rozdzielał swoje siły tak, aby zapewnić należyte


do PPO dcy DP
do PO 3pp
PO dcy DP
Schron dcy DP
Schron dcy AD
Sztab AD
Schron grupy
operac
Wł PO
Rowki kablowe
do PO KA
do SD DP

Rys. 2.


PO dcu DP
i dcy AD
10×2
10×2
Do PO dcy art.kom.
Do PO dcy korp.
1pp
2
AP
CTf
2pp
3
Do SD DP
SD AD
3pp
1
10×2
Zapasowe
PO dcy DP
i dcy AD
Do sąsiada
linie artylerii
linie piechoty

Rys. 3


Rozmównica
Do SD DP
C.Tf.

Rys. 4

przesuwanie się sztabu do przodu. W rzeczywistości podział sił łączności był następujący. Szef łączności z dowódcą plutonu sztabowego znajdował się na punkcie obserwacyjnym; dowódca kompanii telefoniczno-kablowej dowodzący odwodem szefa łączności znajdował się w pobliżu PO; pomocnik szefa do spraw radiowych, dowódca kompanii sztabowej i dowódca batalionu łączności znajdowali się na stanowisku dowodzenia.

Przy zmianie PO do przodu dowódca plutonu sztabowego udaje się z przedstawicielem dowódcy dywizji, który obiera miejsce na nowym PO. Dowódca plutonu sztabowego posiada ze sobą minimum środków łączności, które pozwoliłyby mu rozwinąć na nowym PO niewielki węzeł. W tym czasie szefowie kierunków łączności do pułków otrzymują od szefa łączności dane o miejscu rozmieszczania nowego PO i o kolejności włączania do tego punktu linii łączności. Oficer wysłany na rozpoznanie nowego PO melduje dowódcy dywizji o wyborze miejsca na punkt obserwacyjny i po zatwierdzeniu tego miejsca następuje urządzanie go. W obranym miejscu ustawia się łącznicę telefoniczną, do której doprowadza się oś od PO i SD korpusu oraz linie od wszystkich jednostek podwładnych. Linie te doprowadzają szefowie kierunków łączności na zarządzenie szefa łączności dywizji, który do tego czasu podaje im dokładnie, gdzie znajduje się rejon PO. Po zakończeniu urządzania węzła łączności na nowym PO szef łączności przenosi się tam, sprawdza gotowość łączności i melduje o tym dowódcy dywizji, po czym ten ostatni przenosi się na nowy punkt.

Miejscem następnego stanowiska dowodzenia zwykle bywał dotychczasowy punkt obserwacyjny, który tracił dla obserwacji swoje znaczenie. Taki sposób przenoszenia SD nie był jednak regułą, gdyż dowódca dywizji swój PO obierał w zależności od warunków obserwacji i przebiegu walki i miejsce to mogło nie być odpowiednie na SD. Również ze względu na to, że punkty obserwacyjne przenoszono często na niewielkie odległości, przenoszenie SD nie odbywało się przy każdej zmianie PO.

W wypadku gdy sztab dywizji (SD) przenosi się w rejon poprzedniego PO, przeniesienie to odbywa się następująco. Do rejonu dawnego PO przenosi się zawczasu środki przeznaczone dla rozwinięcia węzła na nowym SD. Tymi środkami zwykle dowodził dowódca kompanii sztabowej. Po przybyciu w rejon nowego stanowiska dowodzenia przystępuje on do organizacji węzła łączności zgodnie z potrzebami sztabu. Sztab dywizji pozostaje jeszcze na dawnym miejscu, skąd walką kieruje szef sztabu, ponieważ w tym czasie dowódca dywizji przechodzi na nowy PO. Po przybyciu dowódcy dywizji na nowy PO i po przejęciu od szefa sztabu kierownictwa walką sztab przenosił się na urządzone już SD na nowym miejscu, po czym środki łączności na starym SD zostawały zwijane i przenoszone w rejon nowego SD. Za terminowe zwinięcie węzła i przeniesienie środków łączności odpowiadał dowódca batalionu.

W szeregu dywizji przesuwanie stanowiska dowodzenia przeprowadzano w odmienny sposób. Przed wyjazdem dowódcy dywizji

na nowe PO szef sztabu z grupą oficerów przenosił się na dotychczasowe PO, na którym miało być urządzone stanowisko dowodzenia. Dopiero po ich przybyciu dowódca dywizji wyjeżdżał na nowe PO. W czasie przejazdu dowódcy dywizji na PO jednostkami dowodził szef sztabu wykorzystując istniejącą łączność, podciągając jednocześnie na nowe miejsce pozostały skład pierwszego rzutu sztabu. Węzeł łączności na dawnym PO rozwijano w zależności od potrzeb sztabu wykorzystując posiadane rezerwy sprzętu łączności. Rozwijaniem węzła dowodził pomocnik szefa łączności do spraw radiowych i dowódca pododdziału sztabowego. Zdemontowany sprzęt dawnego PO przenoszono na punkt obserwacyjny, gdzie stanowił on odwód przy następnym przenoszeniu PO. Środki łączności na starym stanowisku dowodzenia z chwilą opuszczenia go przez pozostałych oficerów sztabu zostawały zwijane i przenoszone w rejon nowego SD.

Oba podane sposoby przenoszenia się dowódcy dywizji i jego sztabu znalazły szerokie zastosowanie w wielu dywizjach piechoty i zdały całkowicie egzamin.

Przy przenoszeniu stanowiska dowodzenia w rejon, gdzie nie istniał punkt obserwacyjny, w teren wyjeżdżała grupa rozpoznawcza, w której skład wchodził pomocnik szefa łączności dywizji do spraw radiowych wraz z dowódcą pododdziału sztabowego lub sam dowódca pododdziału, biorąc ze sobą pewną ilość środków łączności. Po wyborze SD przystępowano natychmiast do urządzania węzła łączności i w pierwszej kolejności do nowego węzła doprowadzano linie osi łączności, po której dowódca pododdziału sztabowego informował szefa łączności DP o położeniu stanowiska dowodzenia. Szef łączności przekazywał otrzymaną informację szefom kierunków łączności. Po pełnym rozwinięciu węzła i nawiązaniu łączności następowało przeniesienie sztabu. Dowódca dywizji w czasie przenoszenia się sztabu nie zmieniał miejsca pobytu, tj. znajdował się na PO, skąd kierował walką.

Węzły łączności na SD o pełnym wyposażeniu rozwijano tylko na podstawie wyjściowej do natarcia i w miejscach dłuższego zatrzymania się sztabu. Łączność telegraficzną ze sztabem korpusu organizowano również tylko w tych etapach walk. W pozostałych okresach ofensywy wykorzystywano głównie telefon.

Drugi rzut sztabu zwykle przechodził w całości do rejonu, który zajmował uprzednio pierwszy rzut, opierając się o oś łączności. Przed przystąpieniem do zmiany miejsca drugiego rzutu zdejmowano sieć wewnętrzną i środki łączności przesuwały się wraz ze składem osobowym II rzutu. Po przybyciu do nowego miejsca postoju rozwijano węzeł. Do czasu zainstalowania łącznicy telefonicznej łączność utrzymywano za pomocą aparatu włączonego do osi.

Skład sił i środków łączności rozdzielany dla organizacji węzłów był w różnych dywizjach różny. Jednak w większości wypadków środki dzielono na trzy grupy: dla organizacji węzła łączności na PO, na SD i dla drugiego rzutu dowództwa. Środki łączności PO i SD dzielono tak, aby zapewnić łączność na dwóch położeniach tych punktów. Zwykle na działające węzły łączności na PO i SD przeznaczano nieco

więcej środków, w odwodzie dla następnych położeń węzłów zatrzymywano mniejszą ich ilość, jednak taką, aby w zupełności mogły zapewnić łączność w pierwszych momentach organizacji łączności na nowych miejscach.

Opisywane wyżej przykłady są najbardziej typowymi i w większości wypadków istniała taka organizacja przenoszenia węzłów łączności. Oczywiście bywały wypadki szczególne, w których przenoszenie węzłów odbywało się w sposób odmienny, wynikający z sytuacji w danym momencie walki. W pewnych okresach mogły istnieć także w poszczególnych dywizjach różnice w wyposażeniu w sprzęt lub mogła istnieć inna organizacja oddziałów łączności, jednak z tych przyczyn nie zachodziły na ogół żadne zmiany w sposobie przenoszenia węzłów.

Znaczny rozwój techniki łączności pozwala przypuszczać, że stosowane w ostatniej wojnie środki łączności zostaną ulepszone lub zastąpione bardziej doskonałymi, może również zmienić się ich ilość, a także organizacja ich obsługi, nie powinno to jednak wprowadzić większych zmian do sposobu organizacji przenoszenia węzłów.

Przy pogłębianiu własnych wiadomości wojskowych i przy szkoleniu naszych żołnierzy łączności korzystajmy z doświadczeń łącznościowców radzieckich, którzy dzięki doskonałej technice i organizacji łączności stanowili jeden z ważnych czynników organizacji dowodzenia wojskami, przyczyniając się do zwycięstwa Armii Radzieckiej i narodu radzieckiego nad faszystowskimi zaborcami.

(**Na podstawie źródeł radzieckich opracował kpt. A. Brodowski**)

Mjr JAN WIERUSZ-KOWALSKI

UWAGI O SZKOLENIU ŻOŁNIERZY ŁĄCZNOŚCI W TERENIE

Przed przystąpieniem do rozpoczęcia wyszkolenia żołnierzy łączności w terenie instruktor musi uprzytomnić sobie do czego w tym okresie dąży i jakimi drogami powinien zmierzać do osiągnięcia stojącego przed nim zadania.

Krótko mówiąc, żołnierz łączności musi być ostatecznie przygotowany do wykonywania swej specjalności w warunkach bojowych, tj. w terenie — w ciężkich warunkach, w zespole czy samodzielnie — ale zawsze wydajnie, drogą umiejętnego przezwyciężania trudności przy możliwie najmniejszym zużyciu własnych sił.

Pierwszy podokres szkolenia zapoznał żołnierza ze sprzętem łączności i nauczył go ten sprzęt obsługiwać. Ale umiejętne obsługiwanie sprzętu to tylko wstęp do służby bojowej żołnierza łączności.

Służba bojowa żołnierza łączności, to:

— sprawna praca żołnierza bez względu na porę dnia, stan pogody i stopień zmęczenia,
— sprawna praca bez względu na stopień zagrożenia ze strony nieprzyjaciela,
— umiejętność samodzielnego orientowania się w terenie,
— orientowanie się w uszkodzeniach sprzętu łączności i umiejętność ich usuwania,
— wreszcie świadome poczucie ważności służby łączności i wspólne poczucie odpowiedzialności za losy walki.

W okresie szkolenia pokojowego trudno jest stworzyć prawdziwe warunki bojowe, pomimo to jednak stopień wymagań stawianych żołnierzowi łączności w czasie ćwiczeń terenowych musi być taki jak w czasie walki.

Oficer łączności prowadzący tak ważne wyszkolenie, jakim jest szkolenie aparatu dowodzenia dowódcy, musi rozumieć powagę powierzonej sobie pracy i musi mieć wyraźne dowody doceniania znaczenia łączności przez jego bezpośrednich przełożonych i równorzędnych dowódców pododdziałów, dla których szkoli kadry łączności. Z tych względów musi on mieć zagwarantowane jak najlep-

sze warunki wyszkoleniowe, a w przejawianej zdrowej inicjatywie, zmierzającej do osiągnięcia lepszych wyników wyszkoleniowych, musi mieć pełne poparcie ze strony przełożonych.

Dowódca czy organizujący ćwiczenie musi pamiętać, że twierdzenie: „Ćwiczenie się nie udało, bo łączność zawiodła" — nie obciąża łączności.

W warunkach pokojowych przy należytym doglądzie wyszkolenia łączności, przy pełnym wyposażeniu w środki łączności oraz przy przemyślanej organizacji łączności opartej na wiadomym z góry przebiegu ćwiczenia — łączność musi działać niezawodnie.

Na to jednak, aby łączność działała niezawodnie, nie tylko żołnierz łączności musi być odpowiednio wyszkolony, nie tylko sprzęt musi być w należytym porządku, ale również dowódcy i oficerowie, których łączność ta ma między sobą w zależności służbowej powiązać i obsługiwać — muszą:

— znać wydajność bojową sprzętu łączności,
— znać wydajność bojową patroli łączności,
— umiejętnie wykorzystywać siły i środki łączności w zależności od zadania,
— umieć dysponować łącznością jasnym i zwięzłym rozkazodawstwem, aby każdy dowódca łączności zarówno na szczeblu dowódcy patrolu czy szefa łączności jednostki wiedział: co, gdzie, jak, czym i kiedy ma wykonać i mógł ten rozkaz przekazać podległym mu wykonawcom łączności,
— wreszcie wszyscy dowódcy i oficerowie powinni umieć osobiście posługiwać się prostszymi środkami łączności.

Jak wynika z wyżej przytoczonych punktów obowiązujących dowódców i oficerów, wkład ich w sprawne nawiązanie i funkcjonowanie łączności musi być bardzo duży i bez niego najlepiej nawet wyszkolona łączność, wyposażona w doskonały sprzęt, nie będzie w stanie wykonać sprawnie zadania bojowego.

Brak łączności w nowoczesnej walce, a przez to brak warunków harmonijnego współdziałania różnych rodzajów broni, wytrąca z rąk dowódcy dowodzenie i współdziałanie w walce, przekazując zawsze inicjatywę walki w ręce tego, który ma zapewnione warunki dowodzenia.

Możemy znać doskonale swoją specjalność wojskową, możemy mieć do dyspozycji doskonałą obsługę i doskonały sprzęt, lecz nie mając łączności wiążącej między sobą rozmieszczone w terenie poszczególne elementy bojowe — automatycznie wypadamy z czynnego udziału w walce, sprowadzając siły i środki bojowe do rzędu bezużytecznej masy.

Tych kilka uwag aktualnych w obecnym okresie wyszkoleniowym, poprzedzającym koncentrację letnią i inspekcję jesienną, przytoczyłem specjalnie celem rozważenia ich, przede wszystkim przez dowódców i oficerów jednostek, którym podlegają pododdziały łączności i którzy są odpowiedzialni za ich wyszkolenie.

W początkowym okresie szkolenia szeregowych łączności w terenie należy od pierwszych chwil położyć główny nacisk na umiejętne i regulaminowe obsługiwanie sprzętu łączności, na umiejętną i regulaminową budowę polowej linii telefonicznej i pracę przy radiostacjach, na dokładność pracy dającej pełne warunki ugruntowania już opanowanego przez szeregowców łączności młodszego rocznika materiału łączności z okresu wyszkolenia indywidualnego i przystosowania ich do warunków polowych.

Instruktor musi rozumieć, że przejście z wyszkolenia indywidualnego na sali wykładowej do wyszkolenia zespołowego w terenie jest dla żołnierza młodszego rocznika dużym przeżyciem i że nie każdy z nich potrafi od razu dostosować wyuczone już wiadomości do nowych warunków.

Jedni — bardziej zrośnięci z terenem — odczuwają nawet ulgę, którą do ich psychiki wniesie przestrzeń, innych ta sama przestrzeń ubezwolni. Dlatego też przejście z wyszkolenia na sali do szkolenia w terenie musi być otoczone szczególną troską instruktora.

W czasie szkolenia w terenie należy zwrócić uwagę na:

— dokładność pracy żołnierzy,
— umiejętność uruchomienia i obsługiwania sprzętu,
— umiejętność odnajdywania i usuwania uszkodzeń w sprzęcie łączności,
— właściwe wykonywanie czynności tak w pracy indywidualnej jak zespołowej,
— trafny wybór miejsca na stacje końcowe i pośrednie oraz prawidłowe ich urządzanie,
— organizację łączności w oparciu o bojowe potrzeby przewidziane w założeniu danego ćwiczenia,
— orientowanie się w terenie,
— umiejętność przebywania terenu zagrożonego obserwacją i ogniem nieprzyjaciela, pokonywanie przeszkód saperskich i chemicznych.

Są to główniejsze wymagania, jakie należy postawić przed instruktorami szkolącymi żołnierzy łączności w okresie szkolenia terenowego aż do wyjazdu jednostki na koncentrację letnią.

Doskonalenie w tempie pracy, tj. w rozwijaniu i nawiązaniu łączności na czas, nie będzie trudne do przeprowadzenia po tym okresie wyszkolenia, gdyż najpoważniejszym sojusznikiem w następnym etapie wyszkolenia — na letniej koncentracji — będzie ambitne i zdrowe współzawodnictwo szeregowych łączności i ofiarna praca, która jest tak charakterystyczna dla łączności w ogóle, czy to na ćwiczeniach w okresie pokojowym, czy w warunkach bojowych podczas walki.

Samo ćwiczenie terenowe musi być zawczasu starannie przemyślane przez prowadzącego szkolenie i w dniu poprzedzającym ćwi-

czenie należy je dokładnie omówić na odprawie z instruktorami ze szczególnym wskazaniem głównego celu ćwiczenia.

W przeddzień ćwiczenia sprzęt musi być w magazynie sprawdzony przez podoficera sprzętowego, zgrupowany zestawami i przygotowany do wydania.

W dniu ćwiczenia zajęcia zawsze należy rozpocząć od podziału żołnierzy na patrole i drużyny, pobrania sprzętu z magazynu, po uprzednim sprawdzeniu go przez pobierających. Pobierający musi zwrócić uwagę na stan sprzętu, stan źródeł zasilania, wyposażenie torb narzędziowych itp. Po sprawdzeniu i usunięciu braków — dowódcy patroli kwitują pobranie sprzętu.

Następnie — wszystkich biorących udział w zaplanowanym ćwiczeniu terenowym należy zebrać w sali wykładowej (świetlicy) gdzie w krótkich, lecz zwięzłych zdaniach przeprowadzający ćwiczenie omawia założenie taktyczne do ćwiczenia, główny cel ćwiczenia, po czym rozdziela elementy ruchu telefonicznego lub radiowego (drużynom — patrolom), wykreśla na tablicy wzajemne rozmieszczenie patroli i drużyn w terenie podczas ćwiczenia oraz omawia współdziałanie ich między sobą po nawiązaniu łączności.

Wreszcie przydziela i omawia sygnały korespondencyjne współdziałania bojowego, w posługiwaniu się którymi należy żołnierzy łączności szczególnie starannie ćwiczyć.

Takie zorientowanie żołnierzy łączności i ich dowódców razem zebranych przed samym ćwiczeniem jest bardzo ważnym czynnikiem dla późniejszego sprawnego wykonania zadania łączności w terenie, — bowiem nastawi myślowo wykonawców na przebieg ćwiczenia, zanim wyjdą oni w teren, oraz stworzy warunki udzielenia odpowiedzi na stawiane przez nich pytania, dlatego też czasu wyznaczonego na odprawy nie możemy uważać za zmarnowany.

Po odprawie, zbiórkę żołnierzy łączności ze sprzętem do odmarszu na ćwiczenia przeprowadza się już grupami ćwiczącymi, to jest patrolami i drużynami, przy czym wszystkie drużyny odchodzą na ćwiczenie z koszar jednocześnie w szyku drużynowym jedne za drugimi pod dowództwem ćwiczących dowódców drużyn.

W ten sposób od chwili zbiórki następuje scalenie szeregowych łączności w organiczne grupy ćwiczebne przewidziane do wykonania przyszłego wspólnego zadania łączności.

Ma to szczególnie ważne znaczenie w terenowym szkoleniu łączności z uwagi na to, że szeregowi łączności w jednostkach różnych rodzajów broni nie są osobnym pododdziałem, lecz jedynie szkoleni są centralnie.

Po przyjściu do rejonu ćwiczenia należy drużyny ustawić frontem do terenu, na którym ma być rozwinięta łączność, ustawiając je między sobą w takim ugrupowaniu, w jakim będą rozlokowane w terenie po rozwinięciu łączności.

Z kolei następuje wydanie rozkazu przystąpienia do rozbudowania łączności, który w odniesieniu do szczebla patrolu i drużyny łączności będzie zawierał:

— zorientowanie w terenie (wskazywanie stron świata),
— podanie kierunków frontu,
— wskazanie kierunku czy kierunków zagrożenia obserwacją nieprzyjaciela,
— wskazanie miejsc (rejonów) na urządzenie początkowych, pośrednich i końcowych stacji łączności,
— wreszcie inne szczególne dane, na które prowadzący ćwiczenie chce zwrócić ćwiczącym uwagę.

W tym okresie wyszkolenia łączności we wszystkich ćwiczeniach terenowych czas gotowości bojowej musi być dostosowany do możliwości wykonania przez żołnierzy zadania, aby szybkość nie stała się powodem niedbalstwa.

Bardzo ważnym czynnikiem w ćwiczeniach terenowych jest odszukiwanie patroli łączności przez łączników (zwiadowców PO — obsługę SO) w rejonie ich końcowej budowy linii i wprowadzenie ich ukrycie przed obserwacją nieprzyjaciela na zamaskowany PO, SO czy SD.

To samo dotyczy patroli radio, wysłanych z radiostacją do odnośnego rejonu w celu obsługiwania znajdującego się tam dowódcy.

Troska o łączność ze strony aparatu dowodzenia, który ta łączność ma obsługiwać, usprawni organizację łączności w terenie i zmniejszy do minimum możliwość takich niespodzianek, jak:
— zabłądzenia patroli łączności,
— zdradzenia przed nieprzyjacielem rejonu punktu obserwacyjnego przez szeregowych łączności szukających dobrze zamaskowanych PO dowódców, sztabów itp.,
— wreszcie poważnie skróci czas uzyskania gotowości bojowej danej jednostki, który zazwyczaj uzależniony jest od gotowości bojowej łączności.

Powyższe względy nakazują dowództwu otoczenie łączności troskliwą opieką i niepozostawianie jej w osamotnieniu przy wykonywaniu przez nią zadania bojowego.

Niewykonanie przez łączność zadania mającego zorganizować warunki dowodzenia dla dowódcy w ściśle określonym czasie dyskwalifikuje pod względem osiągnięcia gotowości bojowej daną jednostkę.

Przytoczę tu charakterystyczny wypadek, z jakim spotkałem się na ćwiczeniach terenowych w jesieni ubiegłego roku.

Pododdział łączności wykonywał zadanie zorganizowania łączności dla dowództwa. Wskutek zastosowania niewłaściwego rozkazodawstwa, zadanie nie zostało wykonane całkowicie sprawnie. W innym natomiast wypadku, przy użyciu należytego rozkazodawstwa, ten sam zespół łącznościowców wykonał podobne zadanie w czasie 7 razy krótszym.

Każde ćwiczenie po jego zakończeniu musi być omówione. Przed omówieniem ćwiczenia instruktor powinien dociec, co było powodem powstania trudności w czasie przeprowadzonego ćwiczenia, a także — w przypadku wyjątkowej sprawności — co było tego przyczyną.

Instruktor w omówieniu ćwiczenia powinien podać wszystkie zauważone błędy i niedociągnięcia i wskazać sposoby ich usunięcia, ale też powinien podać wszystkie pozytywne osiągnięcia, by się na nich w przyszłości opierać.

Instruktorzy powinni również zwrócić uwagę na usprawnienie pracy przez poszczególnych wykonawców. Bardzo często pomysłowość dowódcy patrolu, drużyny lub samego telefonisty czy radiotelegrafisty daje lepsze wyniki w ich pracy i powinna być podpatrywana przez instruktorów i wykorzystywana przy organizacji następnych ćwiczeń. Pomysłowość i racjonalizacja w pracy powinny być omawiane na zakończenie ćwiczenia na równi z pozostałymi zagadnieniami, a nawet opisywane powinny być w prasie fachowo-wojskowej dla wzbogacenia doświadczeniami i podniesienia przez to sprawności bojowej wszystkich oddziałów łączności.

A. B.

JAK CZYTAĆ SCHEMATY RADIOSTACJI

Dużą trudność przy szkoleniu radiotelegrafistów stanowi czytanie schematów radiostacji oraz wyodrębnienie z ogólnego schematu poszczególnych stopni, obwodów i objaśnienie ich łącznej pracy. Biegłe orientowanie się w schematach i płynne ich czytanie osiąga się zwykle po długiej i mozolnej pracy.

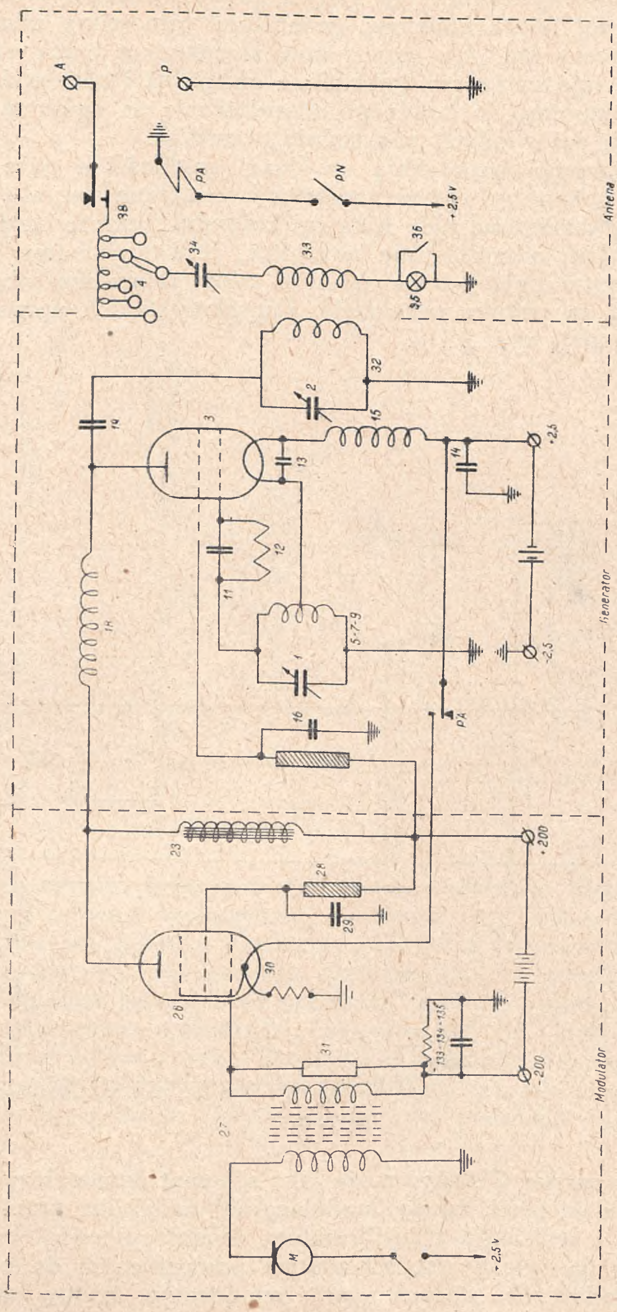
Główną pomocą w nauczaniu żołnierzy działania radiostacji jest jej pełny schemat teoretyczny oraz schematy uproszczone i pomocnicze poszczególnych, najbardziej trudnych fragmentów radiostacji.

Poznawanie schematu radiostacji powinniśmy rozpoczynać od dokładnego objaśnienia pracy radiostacji na uproszczonym schemacie teoretycznym, omawiając najpierw pracę nadajnika, następnie odbiornika. Przykład teoretycznego uproszczonego schematu nadajnika podaje rys. 1.

Gdy radiotelegrafiści zaznajomią się dokładnie z uproszczonym schematem nadajnika, należy przystąpić do objaśnienia schematu nadajnika na pełnym schemacie radiostacji. Rozpoczynamy od odnalezienia na schemacie ogólnym wszystkich części składowych, z którymi słuchacze się spotykali w czasie poznawania schematu uproszczonego. Zapoznanie się ze schematem pełnym powinno być połączone z demonstracją poszczególnych części (przynajmniej ważniejszych) w radiostacji, ewentualnie na makiecie tej radiostacji. W ten sposób słuchacz ma możność jednoczesnego poznania konstrukcji radiostacji.

W początkowej fazie nauczania dla ułatwienia odszukiwania poszczególnych elementów schematu można się posługiwać ich oznaczeniami cyfrowymi, które będą jednakowe dla pełnego schematu radiostacji i schematów uproszczonych. W miarę poznawania schematu należy starać się odszukiwać elementy według ich symboli i zadań, jakie w schemacie spełniają. Oznaczenia cyfrowe doskonale ułatwiają także zapoznawanie się ze schematami w czasie nauki własnej lub nawet w wypadku przypadkowego porównania ze sobą schematów, np. w czasie przechodzenia kursanta obok schematów zawieszonych na ścianach.

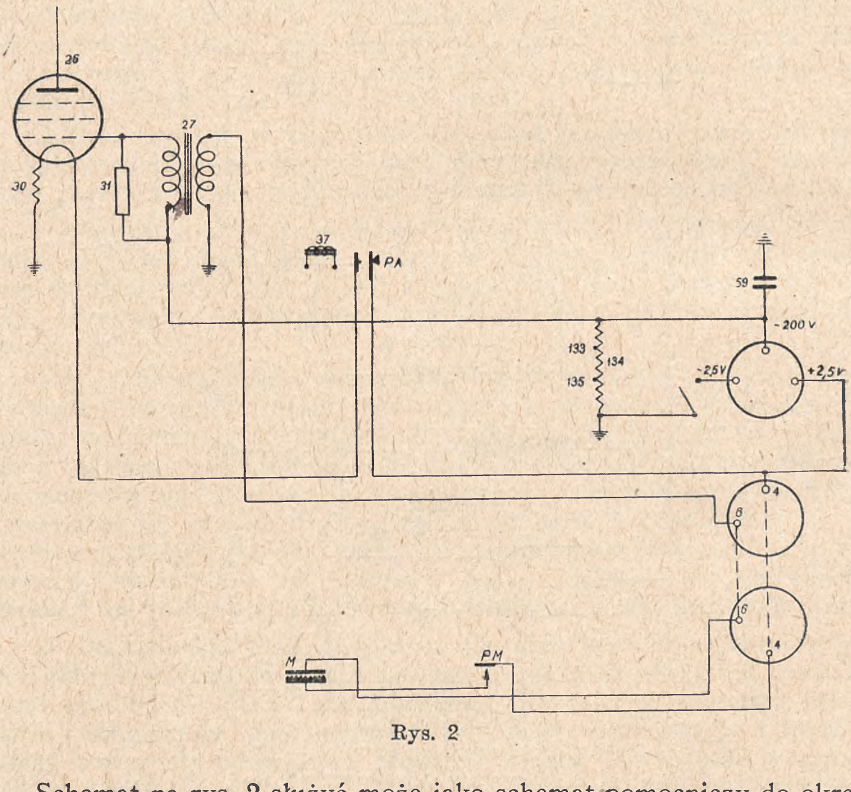
Czytanie schematów prowadzimy podając kolejno w logicznym porządku obwody prądów. Np. w schemacie na rys. 1 podany jako



Rys. 1

pierwszy obwód przekaźnika antenowego, następnie obwód żarzenia lamp, dalej obwody składowych stałych prądów anodowych lamp, obwody składowej szybkozmiennej generatora (omówimy zasadę działania generatora) itd. Po zapoznaniu słuchaczy z pracą radiostacji na schemacie uproszczonym (oddzielnie nadajnika i oddzielnie odbiornika) przystępujemy do kolejnego odszukiwania na ogólnym schemacie radiostacji omówionych poprzednio obwodów.

Jeżeli kursanci napotykają na duże trudności w odnajdywaniu obwodów na pełnym schemacie radiostacji, wskazane jest, aby poszczególne obwody oznaczone były różnymi kolorami. Jeszcze bardziej ułatwimy kursantom odszukiwanie obwodów, jeśli wykonamy schematy pomocnicze poszczególnych obwodów o takim rozmieszczeniu elementów, jakie są na pełnym schemacie. Przykłady takich uproszczonych schematów podają rys. 2 i 3.

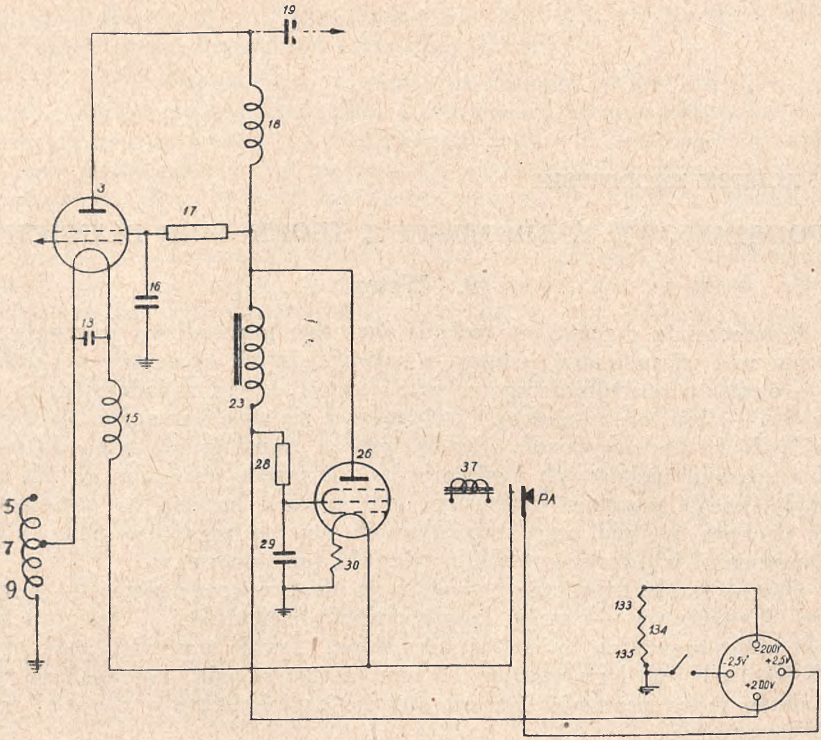


Rys. 2

Schemat na rys. 2 służyć może jako schemat pomocniczy do określenia obwodu żarzenia lampy modulacyjnej nadajnika oraz obwodów pierwotnego i wtórnego transformatora modulacyjnego.

Schemat na rys. 3 jest schematem pomocniczym do odszukania obwodu składowych stałych prądu anodowego lampy modulatora i generatora, a także zawiera obwody żarzenia lamp generatora i modulatora.

Obiegu prądów na podanych schematach nie opisuję, gdyż są one dobrze znane wszystkim instruktorom i wykładowcom radiotechniki.



Rys. 3

Dla nauczenia schematu odbiornika również wykonamy jego uproszczony schemat teoretyczny, numerując jego elementy składowe według numeracji pełnego schematu radiostacji. Możemy też wykonać oddzielne schematy uproszczone poszczególnych stopni odbiornika, a więc oddzielnie schemat wzmacniacza wielkiej częstotliwości, mieszacza, wzmacniacza pośredniej częstotliwości itd. Jeśli zajdzie potrzeba, można wykonać także pomocnicze schematy odbiornika dla pokazania poszczególnych obwodów oddzielnie, tak jak przebiegają one na schemacie pełnym. Wykonujemy je podobnie do podanych na rys. 2 i 3.

Kpt. ALEKSY BRODOWSKI

PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z TEORII LINII DŁUGICH

1. Wstęp

Równocześnie z rozwojem techniki łączności przewodowej rozwijały się badania nad własnościami jednego z najważniejszych elementów tej techniki — elementu pośredniczącego w przenoszeniu energii z nadajnika do odbiornika — linii teletechnicznej. Zwiększające się stale wymagania co do jakości odbioru korespondencji oraz jej zasięgu zmuszały nie tylko do ulepszania aparatur nadawczych i odbiorczych, ale przede wszystkim do jak najdokładniejszego poznania właściwości linii, głównie bowiem te właściwości były punktem wyjścia przy rozwiązywaniu nowych zagadnień połączonych z ulepszeniami w dziedzinie techniki łączności przewodowej.

Obecne środki techniczne pozwalają na nieograniczony niemal — w granicach kontynentów — zasięg korespondencji telefonicznej i telegraficznej dzięki zastosowaniu na liniach wzmacniaków. Jakość transmisji przy obecnych środkach jest doprowadzona do najwyższego stopnia; obecnie linie teletechniczne mogą przenosić również audycje radiofoniczne o wysokiej wartości artystycznej.

Zagadnienie wielokrotnego wykorzystania linii teletechnicznych zostało już od dawna pomyślnie rozwiązane dzięki opracowaniu systemów telefonii i telegrafii wielokrotnej. Rozwiązania doczekało się również zagadnienie wybierania zdalnego, tj. automatycznego wybierania abonentów nawet bardzo odległych central. Oczywiście bez dokładnego poznania właściwości linii problemy te nie mogłyby być należycie rozwiązane.

Zagadnienia przenoszenia energii elektrycznej za pośrednictwem linii teletechnicznych oraz zjawiska i procesy zachodzące w tych liniach obejmuje tzw. teoria linii długich. Celem niniejszego artykułu jest podanie czytelnikom podstawowych zasad tej teorii.

Z nowoczesnych urządzeń teletechnicznych korzysta szeroko również wojskowa łączność przewodowa, jednak znajomość podstawowych wiadomości z teorii linii długich potrzebna jest nie tylko w wypadkach, kiedy mamy do czynienia np. z urządzeniami telegrafii wielokrotnej, potrzebna jest także wtedy, gdy chcemy obliczyć zasięg rozmowy telefonicznej na kablu polowym.

2. Stałe pierwotne linii

Każdą linię teletechniczną charakteryzują cztery wielkości elektryczne, a mianowicie: opór (R), upływność (G), indukcyjność (L) i pojemność (C).

Te cztery wielkości nazywamy stałymi linii, a także — ze względu na istnienie wielkości z nich wypływających — stałymi pierwotnymi. Dla linii jednorodnych, tj. zbudowanych na całej swej długości z jednakowego materiału i w taki sam sposób, stałe pierwotne są rozłożone wzdłuż całej linii równomiernie i symetrycznie. Przy obliczeniach stałe linii określa się w jednostkach ich wielkości branych na 1 km długości linii.

Opór *R* linii mierzony w omach na kilometr (Ω/km) zależy od materiału, z którego jest wykonana linia, powierzchni przekroju przewodów, temperatury otoczenia, a także od częstotliwości prądu. Z elektrotechniki wiemy, że opór przewodnika maleje ze wzrostem przekroju, a wzrasta ze wzrostem temperatury. Opór przewodnika wzrasta również ze wzrostem częstotliwości. Szczególnie widocznie następuje ten wzrost dla przewodów stalowych. Dla materiałów nieferromagnetycznych w zakresie częstotliwości telefonicznych wzrost oporu w zależności od częstotliwości może być pominięty. Dopiero przy większych częstotliwościach musimy się z tym zjawiskiem poważnie liczyć.

Przyczyną występowania podanej ostatnio zależności jest tzw. zjawisko naskórkowości. Przy przepływie prądu zmiennego przez przewodnik powstaje wokół niego zmienne pole magnetyczne. Linie sił tego pola w czasie jego narastania lub zanikania przecinają nie tylko otaczającą przewodnik przestrzeń, ale i sam przewodnik, wobec czego powstają w nim siły elektromotoryczne przeciwstawiające się przepływowi prądu. Działanie tych sił będzie tym większe, im silniejsze jest pole magnetyczne i im szybciej się ono zmienia, tj. im większa jest częstotliwość przepływającego prądu. Jednakże działanie tych sił nie będzie dla wszystkich punktów przekroju przewodnika jednakowe. Im bliżej powierzchni przewodnika, tym siły przeciwdziałające będą mniejsze, i odwrotnie, co wyjaśnia się tym, że pole magnetyczne bliżej powierzchni przewodnika jest słabsze niż w jego środku (więcej linii sił pola magnetycznego obejmuje punkty położone w środkowych częściach przewodnika, mniej — punkty położone bliżej powierzchni).

Istnienie w przewodniku przeciwnych sił elektromotorycznych prowadzi do zmniejszenia przepływającego przez poszczególne punkty przekroju przewodnika prądu. Zmniejszenie się prądu będzie największe w środku przewodnika, najmniejsze przy jego powierzchni, a więc przez przewodnik płynie prąd o niejednakowej gęstości. Możemy także uważać, że zmniejszenie się gęstości prądu wywołane zostało jakby zwiększeniem się oporu przewodnika dla danej częstotliwości prądu, przy czym zwiększenie oporu będzie największe w jego środku, najmniejsze przy powierzchni. Ogólnie — zwiększa się średni opór przewodnika dla przepływu prądu.

Opór przewodów stalowych dla prądów zmiennych jest znacznie większy niż opór przewodów z metali niestalowych i wydatnie rośnie ze wzrostem częstotliwości. Ponieważ stal posiada znacznie większą przenikalność magnetyczną niż inne metale, linie sił pola magnetycznego w przewodzie stalowym rozmieszczone są gęściej, co powoduje, że zjawisko naskórkowości występuje tu znacznie silniej niż w przewodach niestalowych. Np. opór 4-milimetrowego przewodu stalowego przy 3 000 Hz jest około 3 razy większy od oporu tego przewodu przy częstotliwości 300 Hz. Dla przewodów niestalowych różnice te są nieznaczne i występują silniej dopiero przy większych częstotliwościach.

Dla prądów większych częstotliwości (np. przy telefonii nośnej) wewnętrzna część przewodów jest niewykorzystywana; przewodzącą prąd częścią przewodu jest zewnętrzna jego warstwa mająca zaledwie grubość 0,3 — 0,4 mm. Wykorzystując te zjawiska produkuje się tzw. przewody bimetalowe, tj. przewody stalowe pokryte galwanicznie lub termicznie cienką warstwą miedzi (0,35 — 0,4 mm). Grubość warstwy miedzi zależy od przeznaczenia przewodów.

U p ł y w n o ś ć *G* mierzymy w mikrosiemensach na kilometr (µS/km). Upływność linii zależy od rodzaju izolacji pomiędzy przewodami i od częstotliwości. Ogólnie upływność można wyrazić wzorem:

$$G = G_o + G_s$$

gdzie G_o — oznacza przewodność izolacji (odwrotność oporu izolacji) dla prądu stałego, G_s — składnik uwzględniający straty w izolacji przy prądzie zmiennym.

Dla linii napowietrznych przewodność izolacji zależy w dużym stopniu od wilgotności powietrza i wynosi dla linii dwuprzewodowej poniżej 0,1 µS/km przy pogodzie suchej, przy pogodzie deszczowej — 0,5 µS/km i więcej. Drugi składnik odgrywa tu nieco mniejszą rolę, lecz nie można go zupełnie pominąć. Zależy on od częstotliwości prądu oraz od stanu pogody. Dla częstotliwości 800 Hz przy suchej pogodzie wynosi on ok. 0,04 µS/km i rośnie wprost proporcjonalnie ze wzrostem częstotliwości. Np. dla $f = 3000$ Hz G_s wynosi ok. 0,15 µS/km. Przy pogodzie deszczowej wartości te należy powiększyć 5-krotnie, przy oblodzeniu przewodów 10 do 15-krotnie.

Dla obwodów w kablach obołowionych na pierwsze miejsce wysuwa się składnik drugi — G_s, który zależy od konstrukcji kabla i rośnie ze wzrostem częstotliwości. Np. przy 800 Hz G_s wynosi ok. 0,8 µS/km, przy 3000 Hz — 3 µS/km. Składnik pierwszy (G_o) dla kabli obołowionych jest znikomo mały w stosunku do G_s (wynosi ok. 0,0001 µS/km) i może być pominięty.

I n d u k c y j n o ś ć *L* linii mierzona jest w milihenrach na kilometr (mH/km). Zależy ona od materiału i średnicy przewodu oraz od wzajemnej odległości między przewodami linii, a także od częstotliwości prądu. Zależność matematyczna między tymi czynnikami jest dość skomplikowana, prościej będzie omówić ją słownie. Indukcyjność rośnie ze wzrostem odległości między przewodami, lecz maleje ze wzrostem średnicy przewodów; zmienia się również w zależności od materiału przewodów: dla przewodów stalowych ze względu na duży współczynnik przenikalności magnetycznej jest większa niż dla przewodów niestalowych. Zależność indukcyjności linii od częstotliwości jest następująca. Dla napowietrznych przewodów niestalowych maleje nieznacznie ze wzrostem częstotliwości i wynosi ok. 2 mH/km dla częstotliwości akustycznych — nieco mniej (ok. 0,5%) dla częstotliwości 50 kHz. Dla przewodów stalowych przy częstotliwościach małych (100—300 Hz) jest rzędu kilkunastu mH/km, po czym gwałtownie spada do ok. 5—7 mH/km przy 3000 Hz i następnie łagodnie maleje do ok. 3 mH/km przy 50 kHz.

Dla przewodów bimetalowych przy częstotliwościach małych (100—300 Hz) indukcyjność jest rzędu 5—7 mH/km, po czym dość szybko maleje

i osiąga wartość indukcyjności przewodów brązowych przy ok. 5 — 6 kHz; dalej wartość jej jest w przybliżeniu taka sama jak dla przewodów brązowych.

Indukcyjność w kablach wielożyłowych obołowionych (nie posiadających sztucznie zwiększonej indukcyjności) nie przekracza 1 mH/km i ze wzrostem częstotliwości nieznacznie maleje.

P o j e m n o ś ć *C* linii mierzymy w mikrofaradach na kilometr (μF/km). Pojemność ta występuje dlatego, że dwa równolegle biegnące obok siebie przewody lub jeden przewód i ziemia stanowią pewnego rodzaju kondensator. Jego wartość zależy od odległości między przewodami, wysokości zawieszenia nad ziemią, średnicy przewodów i otaczającego ośrodka. Kilka przybliżonych wzorów zorientuje nas w tych dość zawiłych zależnościach.

Dla przewodów pojedynczych pojemność możemy obliczać ze wzoru:

$$C = \frac{0{,}075}{\ln\left(\frac{2h}{d}\right)} \ \mu F/km \qquad (2)$$

Dla przewodów podwójnych pojemność wyraża się wzorem:

$$G = \frac{0{,}028}{\ln\left(\frac{2a}{d}\right)} \ \mu F/km \qquad (3)$$

Dla kabli obołowionych można obliczyć pojemność ze wzoru:

$$C = \frac{0{,}044}{\ln\frac{2a\,(r^2 - a^2)}{d\,(r^2 + d^2)}} \ \mu F/km \qquad (4)$$

We wzorach tych *h* oznacza wysokość zawieszenia przewodu nad ziemią, *d* — średnicę przewodu, *a* — odległość między przewodami i *r* — średnicę płaszcza ołowianego w kablach wielożyłowych.

Pojemność linii napowietrznych jest niewielka i wynosi około 0,005 — 0,01 μF/km. Pojemność linii kablowych jest większa i wynosi około 0,04 μF/km.

Z podanych wzorów widzimy, że pojemność linii nie zależy od materiału przewodów i częstotliwości. Od stanu atmosfery pojemność zależy w bardzo nieznacznym stopniu, z wyjątkiem wypadku oblodzenia przewodów, kiedy pojemność dość znacznie wzrasta.

3. Przenoszenie energii

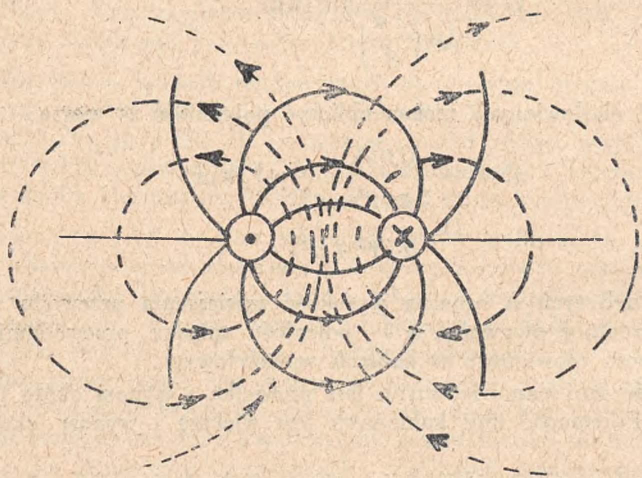
Energia elektryczna w liniach teletechnicznych przenosi się ruchem falowym. Jeżeli do długiej, jednorodnej linii dwuprzewodowej otwartej na końcu dołączymy na jej początku źródło prądu (np. ogniwo galwaniczne), to wskutek istnienia rozłożonych wzdłuż całej linii elementarnych pojem-

ności zaczną się one ładować, czyli nastąpi przemieszczanie się elektronów wzdłuż linii. Przemieszczanie to, będące swego rodzaju zaburzeniem w stanie elektrycznym linii, będzie przesuwać się od początku linii ku jej końcowi. Przemieszczające się odpowiednio elektrony będą powodowały powstawanie między obu przewodami pola elektrycznego, co będzie można uważać za przesuwanie się wzdłuż przewodników pola elektrycznego.

Przemieszczające się elektrony, a więc elektrony będące w tym czasie w ruchu, powodują oczywiście powstanie wokół przewodników pola magnetycznego, które podobnie jak pole elektryczne będzie postępowało równocześnie z nim wzdłuż linii.

Włączenie więc na początku linii źródła prądu powoduje w otaczającej linię przestrzeni przesuwanie się (wzdłuż przewodów) pola elektrycznego, tj. powstaje fala elektryczna, a wskutek pojawienia się prądu elektrycznego w przewodach, następuje przesuwanie się wzdłuż przewodów pola magnetycznego, tj. powstaje fala magnetyczna. Oczywiście fale te oddzielnie nie istnieją i występują zawsze razem jako fala elektromagnetyczna.

Istnienie wzdłuż przewodów obu pól — elektrycznego i magnetycznego, a więc powstanie fali elektromagnetycznej, możemy stwierdzić przez zbliżenie do przewodów naładowanego elektroskopu i igły magnetycznej. Rozkład linii sił pola elektrycznego i magnetycznego wokół przewodnika podaje rys. 1.

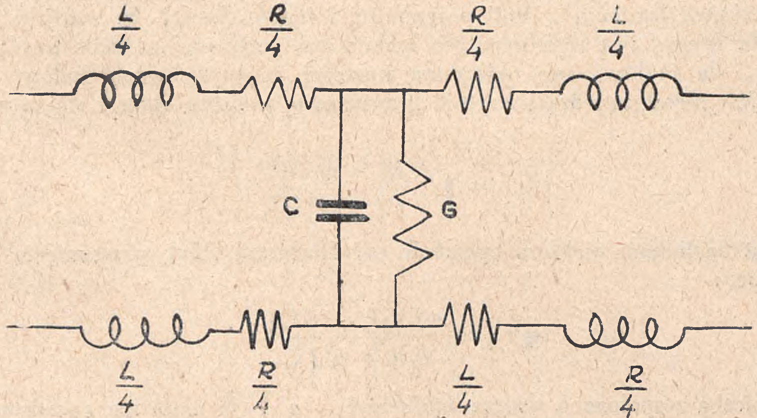


Rys. 1

Fala elektromagnetyczna posuwająca się wzdłuż linii od jej początku nazywa się falą pierwotną. Rozkładając falę elektromagnetyczną na składowe, możemy także falę elektryczną posuwającą się od początku linii nazwać falą pierwotną albo — wychodząc z założenia, że pole elektryczne jest uwarunkowane istnieniem napięcia — możemy mówić o pierwotnej fali napięcia. Podobnie fala magnetyczna uwarunkowana jest przepływem prądu elektrycznego, a więc możemy mówić tu o pierwotnej fali prądu.

4. Opór falowy linii

Linię długą możemy przedstawić jako łańcuch połączonych ze sobą pewnych elementów stanowiących bardzo małe odcinki linii i zawierających w sobie wszystkie cztery pierwotne stałe linii. Fragment rozmieszczenia tych elementów w linii i rozmieszczenie stałych pierwotnych w elemencie podaje rys. 2.



Rys. 2

Wyobraźmy sobie nieskończenie długą linię jednorodną, tj. taką, której stałe pierwotne we wszystkich punktach są jednakowe, i włączmy na jej początku źródło prądu zmiennego. Oczywiście energia elektryczna ze źródła zacznie się rozchodzić wzdłuż linii w postaci fal elektromagnetycznych, a więc wzdłuż linii rozchodzić się będą fale napięcia i fale prądu. Rozchodząca się wzdłuż linii energia elektryczna będzie napotykać w każdym punkcie linii na jednakowy opór uwarunkowany wartościami stałych pierwotnych. Oczywiście energia elektryczna będzie pokonywała napotkane po drodze opory, stopniowo zmniejszając swą wartość w miarę oddalania się od źródła prądu.

Nieskończenie długa linia (jednorodna) charakteryzuje się ciekawą własnością. Jeśli zmierzymy w dowolnych punktach linii napięcia panujące w tych punktach i prądy przepływające przez te punkty, to stosunek napięć do prądów poszczególnych punktów jest zawsze stały (oczywiście przy pomiarach prądem zmiennym):

$$\frac{\hat{U}_1}{\hat{I}_1} = \frac{\hat{U}_2}{\hat{I}_2} = \frac{\hat{U}_3}{\hat{I}_3} = \ldots\ldots = \hat{Z}_0 \tag{5}$$

Stosunek ten nazywamy oporem falowym lub charakterystycznym linii i jest on jednakowy dla każdego punktu jednorodnej nieskończenie długiej linii.

Opór falowy możemy określić również ze stałych pierwotnych linii posługując się wzorem:

$$\hat{Z}_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \tag{6}$$

gdzie $j = \sqrt{-1}$, a $\omega = 2\pi f$ jest pulsacją prądu.

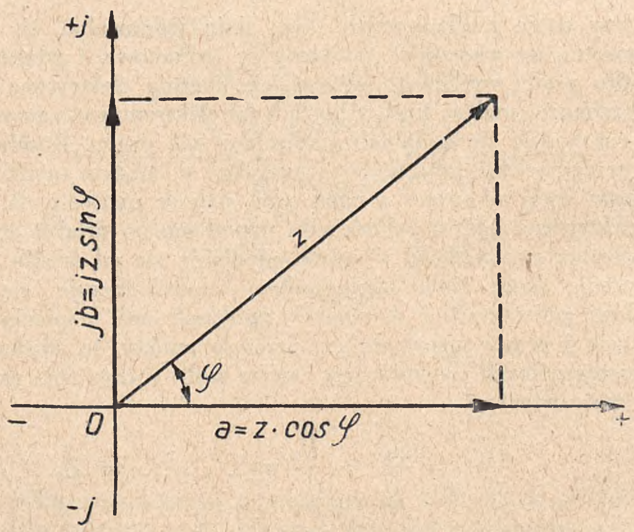
Ze wzoru tego widzimy, że opór falowy jest liczbą zespoloną, tzn. posiada składową rzeczywistą i urojoną, o czym świadczy istnienie wielkości urojonej $j = \sqrt{-1}$. Liczba zespolona mówi nam, że między napięciem i prądem w linii występują przesunięcia fazowe, które zresztą będą występować wskutek istnienia w linii pojemności i indukcyjności. Ze względu na to, że opór falowy jest wektorem (co zaznaczono przez umieszczenie daszka nad literą), dla praktycznego obliczania wartości oporu falowego podany wyżej wzór jest nieodpowiedni i wartość bezwzględną wektora oblicza się ze wzoru:

$$|Z_0| = \sqrt[4]{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} \tag{7}$$

zaś kąt nachylenia wektora oporu do osi liczbowej (kąt przesunięcia fazy) ze wzoru:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\omega(GL - RC)}{GR + \omega^2 LC} \tag{8}$$

Liczba zespolona o wzorze ogólnym $\hat{z} = a + jb$ może być przedstawiona graficznie, jak na rys. 3.



Rys. 3

Wielkość $\hat{z}$ jest więc sumą geometryczną wielkości rzeczywistej a i wielkości urojonej jb. Wartość bezwzględną (moduł) wielkości z obliczamy na podstawie trójkąta Pitagorasa:

$$z = \sqrt{a^2 + b^2} \tag{9}$$

Kąt φ określamy ze stosunku $\frac{b}{a} = \operatorname{tg} \varphi$:

$$\varphi = \operatorname{arc\,tg} \frac{b}{a} \tag{10}$$

Liczbę zespoloną $\hat{z}$ możemy napisać także w następującej postaci:

$$\hat{z} = a + jb = z \cdot \cos \varphi + jz \cdot \sin \varphi = z(\cos \varphi + j \cdot \sin \varphi) \tag{11}$$

a zastępując $(\cos \varphi + j \cdot \sin \varphi)$ przez $e^{j\varphi}$ otrzymujemy*:

$$\hat{z} = ze^{j\varphi} = \sqrt{a^2 + b^2} \cdot e^{j\varphi} \tag{12}$$

---

* Funkcja wykładnicza e^x może być rozwinięta na następujący szereg nieskończony:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots$$

Gdy podstawimy zamiast x liczbę urojoną $j\varphi$, otrzymamy:

$$e^{j\varphi} = 1 + \frac{j\varphi}{1!} + \frac{(j\varphi)^2}{2!} + \frac{(j\varphi)^3}{3!} + \frac{(j\varphi)^4}{4!} + \frac{(j\varphi)^5}{5!} + \frac{(j\varphi)^6}{6!} + \dots$$

Ale:

$$j^1 = j;\ j^2 = -1;\ j^3 = -j;\ j^4 = 1;\ j^5 = j;\ j^6 = -1 \text{ itd.}$$

Wobec tego poprzedni szereg przyjmie postać:

$$e^{j\varphi} = 1 + j\frac{\varphi}{1!} - \frac{\varphi^2}{2!} - j\frac{\varphi^3}{3!} + \frac{\varphi^4}{4!} + j\frac{\varphi^5}{5!} - \frac{\varphi^6}{6!} + \dots$$

a grupując z sobą wyrazy z liczbą urojoną j i bez niej otrzymamy:

$$e^{j\varphi} = \left[1 - \frac{\varphi^2}{2!} + \frac{\varphi^4}{4!} - \frac{\varphi^6}{6!} + \dots\right] + j\left[\frac{\varphi}{1!} - \frac{\varphi^3}{3!} + \frac{\varphi^5}{5!} - \dots\right]$$

Wyraz w pierwszym nawiasie jest rozwiniętą na szereg funkcją $\cos \varphi$, wyraz w drugim nawiasie — funkcją $\sin \varphi$. Wobec tego możemy napisać:

$$e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$$

Jest to wzór Eulera.

Aby obliczyć moduł oporu falowego ze wzoru (6) najlepiej będzie doprowadzić ten wzór do formy (12), a więc:

$$z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \frac{\sqrt{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot e^{j\varphi_1}}}{\sqrt{\sqrt{G^2 + \omega^2 C^2} \cdot e^{j\varphi_2}}} = \frac{\sqrt[4]{R^2+\omega^2 L^2} \cdot e^{j\frac{\varphi_1}{2}}}{\sqrt[4]{G^2+\omega^2 C^2} \cdot e^{j\frac{\varphi_2}{2}}} =$$

$$= \sqrt[4]{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} \cdot e^{j\frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{2}} = \sqrt[4]{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} \cdot e^{j\varphi} \qquad (13)$$

Pierwszy człon tego wzoru jest modułem (wartością bezwzględną) oporu falowego, jak podaje wzór (7).

Z kolei wyprowadzimy wzór (8) na kąt przesunięcia fazowego:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \text{ albo } 2\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \qquad (14)$$

Jeżeli dwa kąty są sobie równe, to i ich tangensy będą równe. Więc:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \operatorname{tg} (\varphi_1 - \varphi_2) \qquad (15)$$

albo dalej (ze wzorów trygonometrycznych na tg różnicy dwóch kątów):

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2}{1 + \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_2} \qquad (16)$$

kąty φ_1 i φ_2 łatwo można obliczyć posługując się wzorem (10). Określmy je jednak tangensami:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\omega L}{R}; \qquad \operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\omega C}{G} \qquad (17)$$

Wzory te wstawiamy do równania (16) i otrzymujemy:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\frac{\omega L}{R} - \frac{\omega C}{G}}{1 + \frac{\omega^2 L C}{RG}} = \frac{\omega (LG - CR)}{RG + \omega^2 LC} \qquad (18)$$

albo dalej:

$$\varphi = \frac{1}{2} \operatorname{arc\ tg} \frac{\omega (LG - CR)}{RG + \omega^2 LC} \qquad (19)$$

Wzór (18) jest taki sam jak wzór (8).

Opór falowy dla obwodów posiadających dużą indukcyjność i pojemność, a więc dla obwodów kablowych mocno spupinizowanych i dla obwodów napowietrznych żelaznych o dużej średnicy drutów, można obliczyć ze wzoru przybliżonego, który powstał ze wzoru (7) po opuszczeniu R^2 i G^2 jako małych w stosunku do pozostałych wyrazów. Wzór ten przyjmie postać:

$$|Z| = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (20)$$

Opór falowy (moduł) mierzymy w omach i w praktyce zadowalamy się tylko jego wartością pomijając kąt przesunięcia fazy. Opór falowy linii teletechnicznych waha się w granicach od około 300 omów do około 1500 omów, nie jest więc zbliżony do jednej wartości. Wynikają z tego oczywiście pewne trudności, o których zresztą mówić będziemy w dalszej części artykułu.

Pomiary oporu falowego, jak zresztą i szeregu innych, dokonuje się zwykle dla częstotliwości 800 Hz, która jest uważana za średnią częstotliwość rozmówną, tj. częstotliwość, która najczęściej i najsilniej występuje w mowie ludzkiej.

Na marginesie należy zauważyć, że nowsze badania wykazują, że odpowiedniejszym wskaźnikiem dobroci odbieranej rozmowy jest nie jej głośność, jak uważano dotychczas, lecz zrozumiałość, czyli łatwość rozróżniania poszczególnych zgłosek. Częstotliwości decydujące o zrozumiałości rozmowy nie leżą w okolicy 800 Hz, lecz mniej więcej w środku przenoszonego pasma częstotliwości, tj. około 1600 Hz. Z tego względu istnieje obecnie tendencja uznania częstotliwości 1600 Hz za średnią częstotliwość rozmowy i w nowszych publikacjach można się z tym spotkać.

Opór falowy linii jest nową stałą wielkością elektryczną linii, zaliczoną do wielkości wtórnych, ponieważ określany jest za pomocą poznanych poprzednio stałych pierwotnych obwodu.

Opisywany wyżej obwód nieskończenie długi w praktyce nie istnieje, jednak każdy jednorodny obwód teletechniczny, zamknięty na końcu oporem równym jego oporności falowej, zachowuje wszystkie cechy obwodu nieskończenie długiego.

Jak jednak zamknąć obwód nie znając jego oporu falowego?

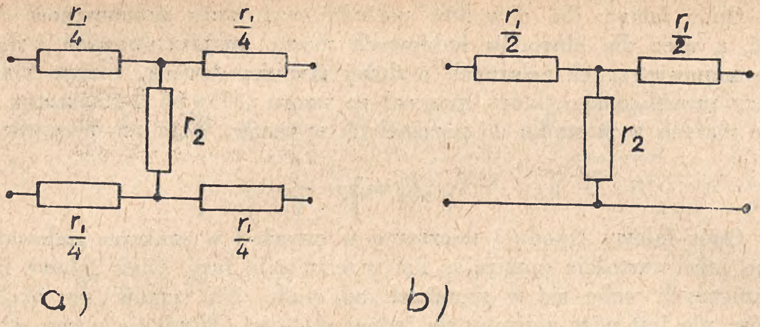
Praktycznie znajduje się opór falowy w prosty sposób: mierzymy opór obwodu rozwartego na końcu ($\hat{Z}r$) i opór tego samego obwodu po zwarciu jego końców ($\hat{Z}z$). Z tych dwóch wartości obliczamy opór falowy linii ze wzoru:

$$\hat{Z}_0 = \sqrt{\hat{Z}_r \cdot \hat{Z}_z} \qquad (21)$$

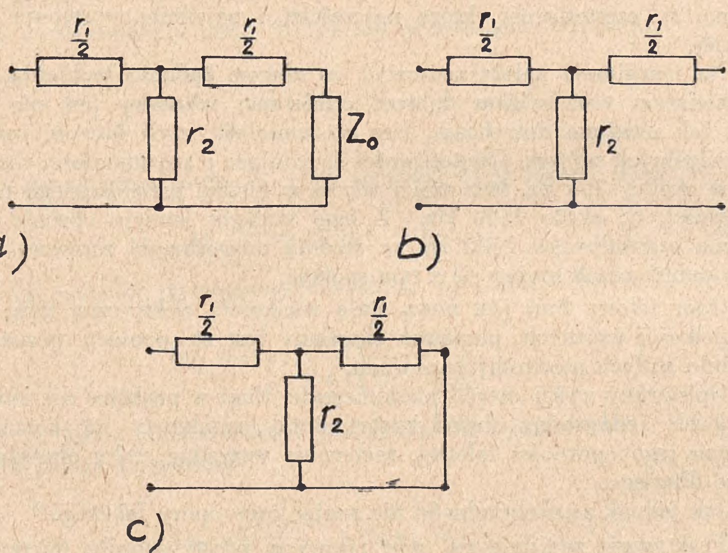
Słuszności tego wzoru możemy dowieść przez następujące obliczenie:

Zakładamy dla uproszczenia, że w linii nie istnieją przesunięcia fazowe, wobec tego opory podłużne i poprzeczne (patrz rys. 2) będą oporami rzeczywistymi, tzn., że fragment linii z rys. 2 można zastąpić układem podanym na rys. 4a, który można dalej uprościć do układu z rys. 4b.

Zamknijmy przedstawiony w ten sposób odcinek linii niewiadomym narazie oporem Zo (rys. 5a) i obliczmy opór, jaki stanowi ten układ od strony początku linii *(ab)*.



Rys. 4.



Rys. 5

Opór ten będzie wynosił:

$$Z_0 = \frac{r_1}{2} + \frac{\left(\frac{r_1}{2} + Z_0\right) \cdot r_2}{\frac{r_1}{2} + r_2 + Z_0} \tag{22}$$

Rozwiązujemy to równanie względem Zo. Wykonujemy mnożenie przez mianownik ostatniego wyrazu oraz rozwijamy licznik tegoż wyrazu:

$$\frac{r_1}{2} \cdot Z_0 + r_2 \cdot Z_0 + Z_0^2 = \left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + \frac{r_1}{2} \cdot r_2 + \frac{r_1}{2} \cdot Z_0 + \frac{r_1}{2} \cdot r_2 + r_2 \cdot Z_0$$

i upraszczamy:

$$Z_0^2 = \left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + r_1 \cdot r_2$$

skąd otrzymujemy:

$$Z_0 = \sqrt{\left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + r_1 \cdot r_2} \tag{23}$$

Wykonujemy teraz dwa obliczenia, pierwsze — dla pomiaru oporu linii rozwartej na końcu (rys. 5b) i drugie — dla pomiaru oporu linii na końcu zwartej (rys. 5c). Otrzymane wyniki wstawiamy następnie do wzoru (21).

Opór rozwarcia wyniesie:

$$R_r = \frac{r_1}{2} + r_2 \tag{24}$$

Opór zwarcia:

$$R_z = \frac{r_1}{2} + \frac{\frac{r_1}{2} \cdot r_2}{\frac{r_1}{2} + r_2} \tag{25}$$

Wstawiamy otrzymane w (24) i (25) opory do wzoru (21):

$$Z_0 = \sqrt{\left(\frac{r_1}{2} + r_2\right)\left(\frac{r_1}{2} + \frac{\frac{r_1}{2} \cdot r_2}{\frac{r_1}{2} + r_2}\right)}$$

i po uproszczeniu otrzymujemy:

$$Z_0 = \sqrt{\left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + r_1 \cdot r_2} \tag{26}$$

Jest to ten sam wzór co (23). Widzimy więc, że oba obliczenia prowadzą do tego samego wyniku, czyli wzór (21) jest słuszny.

5. Współczynnik rozchodzenia się fal

Drugą wielkością elektryczną linii określaną stałymi pierwotnymi, a więc drugą stałą wtórną linii jest współczynnik rozchodzenia się fal albo inaczej stała przenoszenia. Jest to również wielkość zespolona, tj. posiadająca część rzeczywistą i część urojoną i zależy od stałych pierwotnych w podany następującym wzorem sposób:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \tag{27}$$

Jak wiemy, liczba zespolona składa się z części rzeczywistej i części urojonej, więc i prawą stronę wzoru można rozłożyć na te dwa składniki. Skład-

nik rzeczywisty jest bardzo ważną w teletechnice wielkością i nazywa się współczynnikiem tłumienia linii (β), składnik urojony — rzadko używany — nazywa się współczynnikiem przesunięcia fazy albo też współczynnikiem długości fali (α). Równanie (27) możemy zatem napisać w postaci bardziej ogólnej, a mianowicie:

$$\gamma = \beta + j\alpha \qquad (28)$$

Obliczając β i α ze wzoru (27) otrzymujemy zależności:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left[-(\omega^2 LC - GR + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)}\right]} \qquad (29)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\omega^2 LC - GR) + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)}\right]} \qquad (30)$$

Obliczanie współczynników za pomocą tych wzorów byłoby dość uciążliwe i w praktyce nie są one używane. Dla celów praktycznych wystarczy w zupełności stosowanie wzorów przybliżonych.

Dla linii napowietrznych i kabli pupinizowanych wzory te mogą być uproszczone do wzorów:

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (31)$$

$$\alpha = \omega\sqrt{LC} \qquad (32)$$

a w wypadku, gdy upływność jest bardzo mała, we wzorze (31) można opuścić drugi składnik prawej jego strony. Wzór przyjmie wówczas postać:

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} \qquad (33)$$

Dla linii kablowych niepupinizowanych wzory (31) i (32) przyjmują uproszczoną postać:

$$\beta = \alpha = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \qquad (34)$$

Błędy spowodowane użyciem wzorów przybliżonych są niewielkie i wynoszą zaledwie kilka procent, co dla obliczeń praktycznych jest dokładnością zupełnie wystarczającą. Oczywiście wzory te mogą być użyte tylko dla zakresu częstotliwości rozmównych.

Współczynnik tłumienia mierzy się w neperach na kilometr (nep/km) i jest dość różny dla różnych rodzajów linii. Bliższe dane zawiera tabelka w dalszej części artykułu.

Drugi składnik współczynnika rozchodzenia się fal — współczynnik przesunięcia fazy, określa zmianę kąta fazowego wektora prądu (lub napięcia) na 1 kilometr i mierzy się radianami na kilometr (rad/km).

(Dokończenie w następnym numerze)

Inż. CH. HAK

MODULACJA CZĘSTOTLIWOŚCI

1. Wstęp

Rozwój radiotechniki od czasu wynalezienia radia do chwili obecnej szedł w dwóch zasadniczych kierunkach: zwiększenia zasięgu i ulepszenia jakości transmisji.

Dla rozwiązania pierwszego zagadnienia zwiększano czułość odbiorników, podwyższano moc nadajników i zaczęto stosować systemy promieniujące o dużej sprawności. Drugie zagadnienie było częściowo rozwiązane przez udoskonalenie aparatury elektroakustycznej (głośniki, mikrofony) i odpowiednie konstruowanie elementów przejściowych.

Wszystkie jednak stosowane środki okazały się niezupełnie dostateczne dla rozwiązania postawionych zagadnień, szczególnie jeżeli chodzi o jakość transmisji. Bowiem czułość odbiornika i szerokość wstęgi przekazywanych częstotliwości ograniczone są całym szeregiem zakłóceń, które ująć można w cztery zasadnicze grupy:

— przeszkody interferencyjne, których przyczyną jest panujący „ścisk“ w eterze,

— zakłócenia atmosferyczne,

— pasożytnicze zakłócenia przemysłowe, których źródłem są wszelkiego rodzaju aparaty elektryczne, szczególnie te, których praca związana jest z powstawaniem iskry lub łuku elektrycznego,

— szumy własne odbiornika, spowodowane fluktuacjami cieplnymi w elementach odbiornika (oporniki) i fluktuacjami elektronowymi w lampach (efekt śrutowy).

Wymienione przeszkody i zakłócenia występują przy odbiorze tym jaskrawiej, im większa jest czułość i szerokość wstęgi odbiornika.

Co się zaś tyczy zwiększania mocy nadajników i udoskonalania sposobów racjonalnego wykorzystywania wypromieniowanej energii, są to środki, które z punktu widzenia ekonomicznego nie zawsze są opłacalne. Nic tedy dziwnego, że radiotechnika na

przestrzeni całego swego rozwoju szukała racjonalnego rozwiązania wymienionych na początku zagadnień.

Już w latach dwudziestych bieżącego stulecia przeprowadzano próby zmiany dotychczasowego systemu nadawania z tzw. modulacją amplitudy na system z modulacją częstotliwości. Bodźcem do tych badań był z początku fałszywy pogląd o możliwości wykorzystania tego systemu dla zwiększenia ilości stacji nadawczych. Sądzono bowiem, że pozwoli on na zmniejszenie szerokości wstęgi częstotliwości przy transmisji, a także zmniejszy przez to przeszkody w odbiorze. Kiedy jednak Carson w pracy opublikowanej w 1922 r. wykazał fałszywość tego poglądu i dowiódł, że modulacja częstotliwości wymaga do transmisji na ogół jeszcze szerszej wstęgi częstotliwości aniżeli modulacja amplitudy, przestano się przez pewien czas nią zajmować. Przełomu dokonał znany uczony i eksperymentator amerykański Armstrong, który badania nad modulacją częstotliwości rozpoczął w 1932 r. i po czterech latach — w 1936 r. opublikował rezultaty swojej pracy badawczej. W artykule swym Armstrong wskazuje na dużą przewagę modulacji częstotliwości nad modulacją amplitudy, jeśli chodzi o zwalczanie wszelkiego rodzaju przeszkód odbioru, jak zakłócenia przemysłowe i atmosferyczne, interferencje itp. Prace Armstronga wywołały wielką sensację i przykuły uwagę wielu uczonych i techników na całym świecie. Przeprowadzono cały szereg badań teoretycznych i eksperymentalnych, w wyniku których ustalono, że dla pełnego wykorzystania zalet modulacji częstotliwości, a przede wszystkim dla efektywnego osłabienia działania zakłóceń na odbiór, szerokość kanału w eterze powinna być od 6 do 10 razy większa aniżeli szerokość wstęgi częstotliwości modulujących.

2. Ogólne cechy modulacji częstotliwości

Olbrzymią zaletą nowego systemu w porównaniu z dotychczasowym systemem modulacji amplitudy jest możność wyeliminowania wszelkiego rodzaju zakłóceń zarówno przemysłowych jak i atmosferycznych w znacznie większym stopniu aniżeli w dotychczasowych systemach. Niemniej ważną rzeczą jest przy systemie modulacji częstotliwości znacznie mniejsza interferencja stacji pracujących na tej samej fali lub na falach zbliżonych.

Jeżeli przez U_s oznaczymy napięcie sygnału użytecznego a przez U_z — napięcie zakłóceń, to stosunek $\frac{U_s}{U_z}$ będzie określał wpływ zakłóceń na jakość odbioru. Dla modulacji amplitudy stosunek ten powinien wynosić 100 — 1000, aby zakłócenia nie wpływały na odbiór. Przy modulacji częstotliwości wynosi on znacznie mniej. Pozwala to na tworzenie sieci stacji pracujących na falach bardzo do siebie zbliżonych.

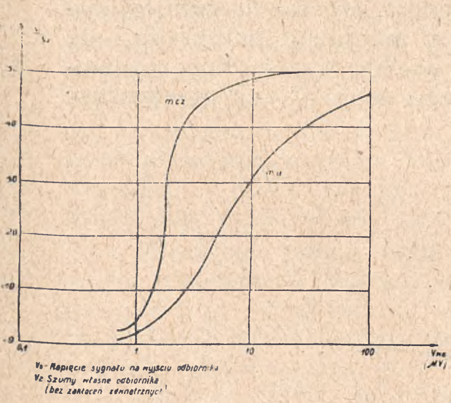
Okazuje się, że przy modulacji częstotliwości dla pełnego wyeliminowania wzajemnych zakłóceń stosunek sygnału użytecznego do sygnału stacji przeszkadzającej powinien wynosić:

a) dla stacji pracującej w jednym kanale z przeszkadzającą przy szerokości kanału 200 kc — 10 : 1; dla modulacji amplitudy stosunek ten musi wynosić 500 : 1 — 1000 : 1,

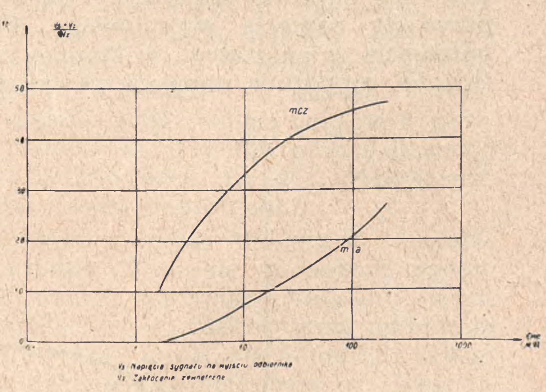
b) dla stacji pracującej w sąsiednim kanale z przeszkadzającą przy szerokości kanału 150 — 200 kc stosunek $\frac{U_s}{U_z}$ może być 2 : 1, przy szerokości kanału 60 kc — 7 : 1, a przy szerokości 30 kc — 15 : 1, dla modulacji amplitudy — 100 : 1.

Przytoczone dane dotyczą wypadków pełnego wyeliminowania zakłóceń. W praktyce przy modulacji częstotliwości w wypadku pracy dwu stacji w jednym kanale wystarcza, aby stacja słabsza nie przeszkadzała silniejszej, gdy stosunek natężenia ich pól w miejscu odbioru ma wartość 2 : 1.

Omówione wyżej zalety modulacji częstotliwości są ujęte graficznie na rys. 1 i 2, przedstawiających charakterystyki porównawcze z systemu modulacji amplitudy.



Rys. 1

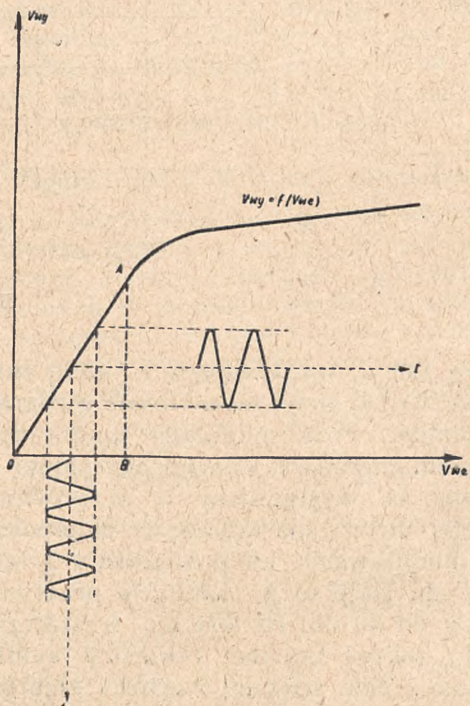


Rys. 2

Drugą ważną zaletą, wypływającą z samej zasady modulacji częstotliwości, jest bardzo duży, teoretycznie nieograniczony zakres dynamiczny transmisji. Przy modulacji amplitudy nie możemy schodzić z poziomem modulacji poniżej określonej wartości minimalnej, ze względu na występujący w przeciwnym razie silny szum tła. Z drugiej strony dla uniknięcia zniekształceń występujących przy przemodulowaniu nie powinniśmy przekraczać tu 100% głębokości modulacji. Daje to w rezultacie praktycznie zakres dynamiczny mniejszy od 40 db, co jest nie wystarczające do transmisji muzycznych, zakres bowiem orkiestry symfonicznej sięga około 80 db. Zmniejszenie średniej wartości głębokości modulacji, uwarunkowane obawą przed przemodulowaniem, doprowadza

w rezultacie do zmniejszenia napięcia na wejściu odbiornika, tj. zmniejsza zasięg transmisji, stosowanie zaś kompresji, czyli automatycznego zmniejszania amplitudy modulującego napięcia przy silnych dźwiękach, jeszcze bardziej zwęża zakres dynamiczny i zmniejsza walory artystyczne transmisji. Przy modulacji częstotliwości z łatwością osiągamy zakres 60 db.

Następną zaletą modulacji częstotliwości jest ta okoliczność, że wymagania liniowości w stopniach wielkiej i pośredniej częstotliwości w odbiorniku są mniejsze aniżeli dla tych stopni przy modulacji amplitudy. Przy modulacji częstotliwości praca na prostoliniowym odcinku charakterystyki stopnia, w odróżnieniu od modulacji amplitudy, nie jest wcale konieczna. Dla wyjaśnienia powyższego rozpatrzmy charakterystykę stopnia $U_{wy} = f(U_{we})$ podaną na rys. 3. Jak widzimy charakterystyka $U_{wy} = f(U_{we})$ zachowuje swą prostoliniowość tylko do pewnej granicy (punkt A na rys. 3), a to znaczy, że tylko do tej granicy forma napięcia wyjściowego będzie podobna do formy napięcia wejściowego. Dalej charakterystyka się zagina i równym przyrostom napięcia wejściowego nie odpowiadają już, jak na odcinku prostoliniowym, równe przyrosty napięcia wyjściowego. Przy modulacji amplitudy, dla uniknięcia zniekształceń w stopniach wielkiej i pośredniej częstotliwości, amplituda napięcia wejściowego nie powinna przekraczać



Rys. 3

określonej wartości (punkt B na rys. 3). Celem uniknięcia tego rodzaju zniekształceń w odbiornikach stosuje się automatyczną regulację wzmocnienia.

Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa w odbiornikach z modulacją częstotliwości. Tu bowiem nie jest modulowana amplituda przechodzącego sygnału: zniekształcenie formy napięcia przy przeciążeniu wejścia w stopniach wielkiej i pośredniej częstotliwości nie jest wcale istotne i nie może okazać żadnego wpływu na charakter transmisji, ponieważ detektor nie reaguje na zmiany amplitudy przechodzącego sygnału, a tylko na odchylenia jego częstotliwości.

Czwartą zaletą modulacji częstotliwości jest mała czułość odbiorników tego systemu na zaniki (fadingi).

Przy modulacji amplitudy ze zwiększeniem amplitudy sygnału zwiększa się głośność w głośniku, ponieważ zwiększeniu napięcia sygnału odpowiada wzrost prądu zdetektowanego — i to nie tylko składowej stałej, ale również i jego składowej zmiennej. Ta ostatnia zaś, po wzmocnieniu w stopniach wzmacniacza małej częstotliwości, decyduje o sile dźwięku. Dla walki z wahaniami siły dźwięku spowodowanymi wahaniami napięcia sygnału stosuje się automatyczną regulację wzmocnienia, która w znacznym stopniu łagodzi je, ale nie jest w stanie całkowicie ich usunąć. Odbiór zaś sygnałów o modulowanej częstotliwości można uczynić w pewnych granicach zupełnie niezależnym od poziomu przychodzącego sygnału, a tylko od skoku częstotliwości, tj. od „głębokości" modulacji, czyli od siły dźwięku przed mikrofonem.

Wreszcie strona ekonomiczna systemu modulacji częstotliwości przedstawia się też korzystnie. Nadajnik modulacji częstotliwości pracuje ekonomiczniej aniżeli nadajnik modulacji amplitudy, dzięki stałości amplitudy fali nośnej. Maksymalna amplituda drgania modulowanego przy stosowaniu modulacji amplitudy $(1+m)$ razy większa aniżeli amplituda drgania bez modulacji (m — współczynnik głębokości modulacji). Maksymalna moc wypromieniowania podczas modulacji $(1+m)^2$ razy przewyższa moc normalną nadajnika. Gdy $m = 1$ (współczynnik modulacji wynosi 100%), moc wypromieniowana przez nadajnik jest cztery razy większa niż moc promieniowana bez modulacji fali nośnej. Ze względu na to, że w czasie pracy nadajnika będą się zdarzać momenty 100% modulacji, elementy nadajnika, jak lampy, obwody i inne, muszą być obliczone na moc maksymalną, którą nadajnik promieniuje w tych rzadkich momentach. Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa wykorzystywania mocy lamp i obwodów w stacjach z modulacją częstotliwości, gdzie dzięki stałości amplitudy fali nośnej nominalna moc nadajnika jest zawsze równa.

Wadą systemu modulacji częstotliwości jest konieczność stosowania do transmisji, gdy chcemy wykorzystać poprzednio omówione zalety, dużej szerokości wstęgi częstotliwości sięgającej 150 kc, a nawet 200 kc. Stwarza to konieczność pracy na falach ultra-

krótkich i niesie ze sobą wszystkie zalety i wady związane z rozprzestrzenianiem tych fal. Zasięg jest tu praktycznie jednak większy od zasięgu stacji z modulacją amplitudy, pracującej na tej samej fali, dzięki mniejszej wrażliwości na zakłócenia.

Fale ultrakrótkie, praktycznie rzecz biorąc, nie ulegają odbiciu od warstw Heaviside'a, przez co zaniki (fadingi), zwłaszcza selektywne, są tu minimalne. Poza tym rozporządzamy tu większym zakresem częstotliwości, co pozwala na rozszerzenie do 15 kc zakresu częstotliwości transmitowanej wstęgi akustycznej.

Zmniejszenie więc działania szmerów interferencji, zakłóceń wszelkiego rodzaju, fadingów i rozszerzenie wstęgi częstotliwości akustycznych stwarza z modulacji częstotliwości typowy system do transmisji o wysokiej wierności odtwarzania.

3. Analiza

Drgania elektromagnetyczne, służące do przekazywania na odległość sygnałów, muszą być modulowane, tj. musimy je zmieniać w takt drgań przekazywanego sygnału.

Ogólne równanie fali o częstotliwości radiowej może być przedstawione w postaci:

$$i = I_0 \sin \Theta \tag{1}$$

gdzie

i — wartość chwilowa drgań,

I_0 — amplituda drgań,

Θ — całkowity kąt obrotu wektora częstotliwości radiowej.

Jak widać, wyrażenie (1) jest iloczynem dwóch niezależnych parametrów i w zależności od tego, który z nich będziemy zmieniać w takt drgań modulujących, rozróżniać będziemy dwie zasadnicze grupy modulacji:

a) modulacja amplitudy, gdzie w trakcie modulacji I_0 zmienia się,

b) modulacja kątowa, gdzie w takt drgań modulujących ulega zmianom argument funkcji kątowej Θ.

Kąt obrotu wektora możemy przedstawić jako

$$\Theta = \omega_0 t + \varphi \tag{2}$$

gdzie

$\omega_0 = 2\pi f_0$ — pulsacja drgań radiowych,

φ — kąt chwilowego przesunięcia fazowego,

wtedy równanie fali można przedstawić w postaci

$$i = I_0 \sin (\omega_0 t + \varphi) \tag{3}$$

Jak widać z wyrażenia (2 lub 3), całkowity kąt obrotu wektora składa się z dwóch wielkości i w zależności od tego, która z tych wielkości charakteryzujących drgania ulega zmianom w trakcie modulacji, rozróżniamy dwie podgrupy modulacji kątowej, a mianowicie: jeżeli w takt drgań sygnału modulacyjnego zmienia się ω — to mamy modulację częstotliwości, jeżeli φ — modulację fazy. Zaznaczyć tu należy, że dwa ostatnie rodzaje modulacji kątowej nie wyczerpują wszystkich możliwości modulacji tej grupy. Istnieje cały szereg innych rodzajów modulacji, jak oddziaływanie na drugą pochodną i pochodne należących do grupy modulacji kątowej, wyższych rzędów funkcji kątowej. W niniejszym artykule zajmować się będziemy wyłącznie trzema rodzajami modulacji, tj. modulacją amplitudy, fazy i częstotliwości. Dla wszystkich rodzajów modulacji częstotliwość sygnału modulującego powinna być mała w porównaniu z częstotliwością drgań fali nośnej.

Dla uproszczenia rozważań rozpatrywać będziemy wyłącznie drgania sinusoidalne tak fali nośnej jak i fal modulujących o jednej tylko częstotliwości.

Jest rzeczą oczywistą, że w wyniku modulacji otrzymujemy drganie ze zmiennym parametrem, które przestaje być sinusoidalne i przeistacza się w drganie bardziej złożone, zawierające określone widmo częstotliwości. Tak więc modulacja powoduje pojawienie się zawsze nowych częstotliwości, których niemodulowane drganie nie zawierało. Widmo częstotliwości drgania modulowanego jest jedną z najważniejszych jego cech, stanowiących bardzo często o wyborze tego lub innego rodzaju modulacji.

O wyborze rodzaju modulacji prócz szerokości widma decyduje również wierność odtwarzania i łatwość demodulacji w odbiorniku.

Rozpatrzmy kolejno trzy zasadnicze rodzaje modulacji.

A. Modulacja amplitudy

Przy modulacji amplitudy w takt zmian napięcia modulującego zmienia się amplituda drgań wielkiej częstotliwości. W tym wypadku wyrażenie dla drgań w antenie nadajnika można przedstawić w postaci

$$i = I \sin (\omega_0 t + \varphi) \tag{4}$$

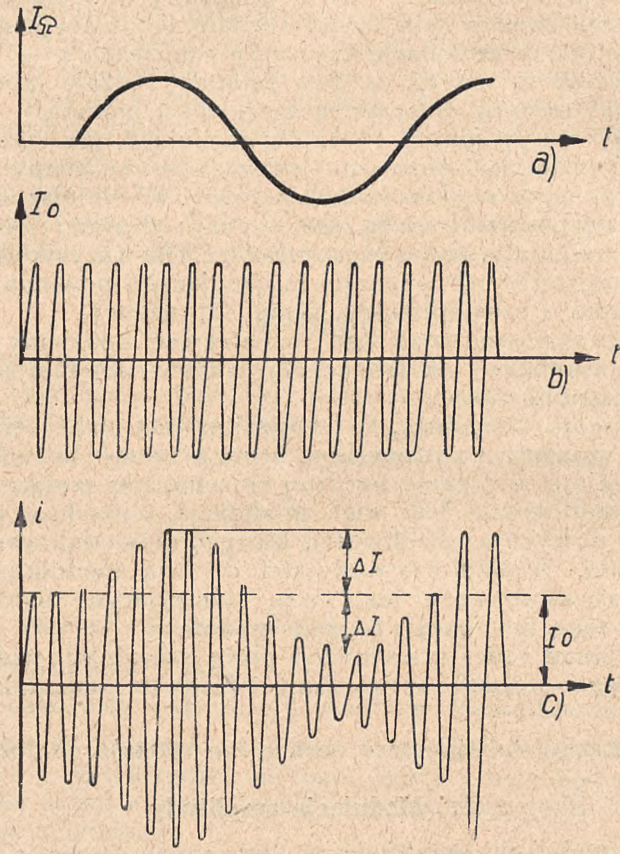
Amplituda modulowanego drgania może być przedstawiona w postaci

$$I = I_0 + \Delta I \cdot \sin \Omega t \tag{5}$$

gdzie

I_0 — amplituda drgania w. cz. bez modulacji,
$\Delta I \cdot \sin \Omega t$ — zmiana amplitudy spowodowana modulacją,
$\Omega = 2 \pi f$ — pulsacja drgania modulującego,
$\Delta I = I - I_0$ — wielkość proporcjonalna do amplitudy drgania modulującego.

Rys. 4 przedstawia oscylogram drgań przy modulacji amplitudy (*a* — sygnał modulujący, *b* — częstotliwość nośna, **c** — drgania modulowane).



Rys. 4

Amplitudę drgania modulowanego można przedstawić jeszcze inaczej

$$I = I_0 + \Delta I . \sin \Omega t = I_0 (1 + m \cdot \sin \Omega t) \tag{6}$$

gdzie

$$m = \frac{\Delta I}{I_0} \text{ — współczynnik głębokości modulacji.}$$

Podstawiając (6) w (4) otrzymamy ogólne wyrażenie dla drgań o modulowanej amplitudzie.

$$i = I_0 (1 + m \cdot \sin \Omega t) \cdot \text{Sin } \omega_0 t \tag{7}$$

W wyrażeniu (7) opuszczone zostało początkowe przesunięcie fazowe φ, które może być równe zeru, jeżeli za początkowy moment przyjmiemy $i = 0$. Korzystając z prostego przekształcenia trygonometrycznego:

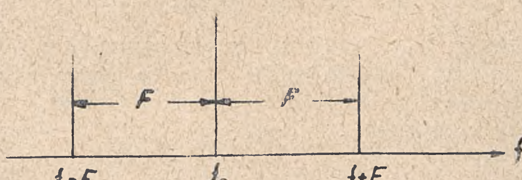
$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cos (\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos (\alpha + \beta) \qquad (8)$$

można przedstawić wyrażenie (7) w następującej postaci:

$$i = I_0 \sin \omega_0 t + m I_0 \sin \omega_0 t \cdot \sin \Omega t =$$

$$= I_0 \sin \omega_0 t + \frac{m I_0}{2} \cos (\omega_0 - \Omega) t - \frac{m I_0}{2} \cos (\omega_0 + \Omega) t \qquad (9)$$

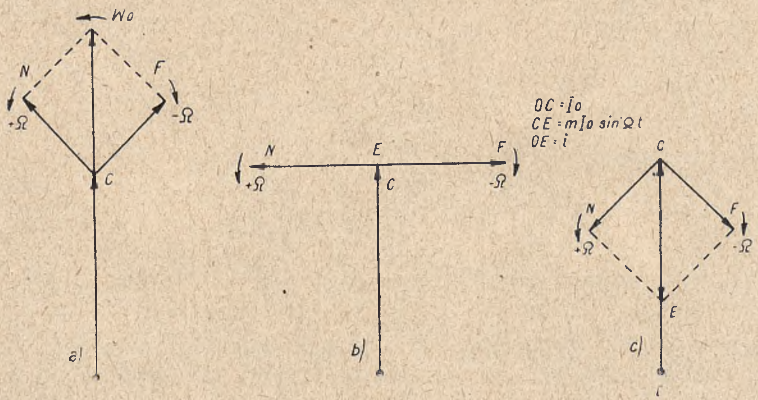
Jak widać z wyrażenia (9), drganie o modulowanej częstotliwości można rozpatrywać jako sumę trzech sinusoidalnych drgań. Jedno z nich posiada amplitudę niemodulowanego drgania I_0 i częstotliwość ω_0, która nosi nazwę częstotliwości nośnej, dwa pozostałe — mają amplitudy $\frac{m}{2}$ razy mniejsze od I_0, a częstotliwości ich różnią się od częstotliwości nośnej o częstotliwość sygnału Ω. Rys. 5 przedstawia widmo takich wypromieniowanych przez nadajnik z modulacją amplitudy.



Rys. 5

Niemodulowane drganie w antenie można przedstawić przy pomocy wektora o długości I_0 (wektor OC na rys. 6), który obraca się względem nieruchomej osi czasu z prędkością ω_0. Przy modulacji długość tego wektora zmienia się w takt zmian modulującego sygnału. Modulowany wektor (OE rys 6) można rozpatrywać jako sumę dwóch wektorów: wektora nośnej o stałej długości I_0 (OC rys. 6) i wektora modulującego $m I_0 \sin \Omega t$ (CE rys. 6), mającego ten sam kierunek co wektor nośnej I_0, ale którego długość i znak zmieniają się podczas modulacji. Ten drugi pulsujący wektor można z kolei rozpatrywać jako sumę (geometryczną) dwóch wektorów o długości $\frac{m}{2} \cdot I_0$ każdy (CF i CN rys. 6), które obracają się względem wektora nośnej z prędkością Ω, przy czym

kierunek ruchu jednego z nich (CN rys. 6) jest zgodny z ruchem wektora I_0, a drugi (CF rys. 6) posiada kierunek przeciwny ru-



Rys. 6

chowi wektora I_0. Ze względu na to, że sam wektor nośnej I_0 obraca się względem nieruchomej osi czasu z prędkością ω_0 — to oba wektory składowe modulacyjnego wektora obracają się względem tej samej osi z prędkością $\omega_0 + \Omega$ i $\omega_0 - \Omega$. Wektory CF i CN są wektorami dwu fal bocznych.

B. Modulacja fazy

Przy modulacji fazy amplituda drgań w. cz. jest stała, a w takt zmian amplitudy modulującego sygnału zmienia się faza drgań wielkiej częstotliwości. Odchylenie fazy $\Delta\varphi$ jest tu proporcjonalne do amplitudy drgania modulującego.

$$\Delta\varphi = kU \tag{10}$$

gdzie

k — współczynnik proporcjonalności,

U — amplituda drgania modulującego.

Wartość chwilowa całkowitego kąta obrotu Θ będzie:

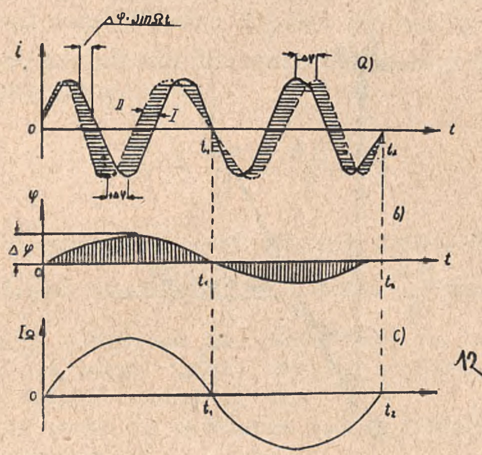
$$\Theta = \omega_0 t + \varphi_0 + \Delta\varphi \cdot \sin \Omega t \tag{11}$$

Powróćmy teraz do ogólnego równania (1) fali i podstawmy za Θ jego wartość z wyrażenia (11), pomijając i tu dla uproszczenia kąt początkowy φ_0

$$i = I_0 \operatorname{Sin} (\omega_0 t + \Delta\varphi \cdot \operatorname{Sin} \Omega t) \tag{12}$$

Wyrażenie $\Delta\varphi . \operatorname{Sin} \Omega t$ określa tę chwilową wartość przesunięcia fazowago, uwarunkowanego modulacją w danym momencie, w którym zachodzą zmiany drgania w. cz. względem tych jego zmian, które zaistniały w tym samym momencie bez modulacji.

Jeżeli bez modulacji drgania w. cz. zmieniają się według sinusoidy $\omega_0 t$ oznaczonej na rys. 7a linią ciągłą (I), to przy modulacji będą one przesunięte względem tej sinusoidy, przy czym wielkość tego przesunięcia może być tak dodatnia jak i ujemna i zmienia się w takt zmian amplitudy drgania modulującego. Krzywa rzeczywistych zmian drgania w. cz. pokazana jest na rys. 7a linią przerywaną (II), a wartość chwilowego przesunięcia fazowego między tymi krzywymi (I i II) wyraża się długością poziomych odcinków, zawartych między nimi. Krzywa na rys. 7b przedstawia zmiany wartości chwilowej przesunięcia fazowego w ciągu jednego okresu drgania modulującego, zaś rys. 7c — jeden okres drgania modulującego. Do momentu t_1 (rys. 7) krzywa (II) zmienia się wyprzedzając krzywą (I). Od momentu t_1 do momentu t_2 krzywa (II) opóźnia się w stosunku do krzywej (I). Tak więc w okresie



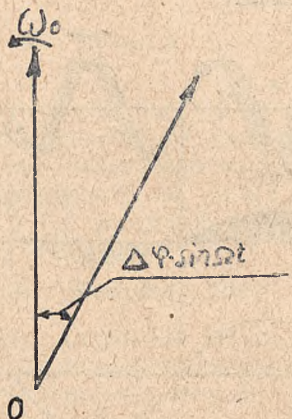
Rys. 7

czasu od 0 do t_2 przesunięcie fazowe wykonuje jeden okres, co odpowiada jednemu okresowi drgania modulującego. W ten sposób przy modulacji fazy parametrem modulującym jest przesunięcie fazowe między rzeczywistymi drganiami w. cz. a tymi drganiami, które miałyby miejsce bez modulacji.

Odbiornik dla odbioru sygnałów modulowanych fazowo powinien posiadać detektor, dający na wyjściu napięcie proporcjonalne do wartości chwilowej przesunięcia fazowego, amplituda zaś zmian fazy $\Delta\varphi$ powinna być proporcjonalna do amplitudy drgania modulującego.

Przedstawmy niemodulowane drganie w. cz. za pomocą wektora, obracającego się względem nieruchomej osi czasu ze stałą częstotliwością (prędkością) ω_0 (rys. 8). Bez modulacji wektor ten w dowolnym momencie czasu t zajmuje położenie ωt. Przy modu-

lacji odchyla sie on od tego położenia o kąt równy $\Delta\varphi \cdot \sin \Omega t$. A więc przy modulacji wektor ten waha się około, że tak powiemy, „niemodulowanego" położenia $\omega_0 t$ w granicach $\pm \Delta\varphi$ W ciągu pół okresu modulującej częstotliwości wektor drgania modulowanego opóźnia się względem wektora niemodulowanego, a w ciągu drugiej połowy okresu modulującej częstotliwości — wyprzedza go. Zaznaczamy tutaj, że te wahania wektora modulowanego około położenia niemodulowanego mogą być bardzo duże i często w praktyce równe są kilku pełnym obrotom. Takie wahania modulowanego wektora są wynikiem tego, że w ciągu pół okresu modulującej częstotliwości posiada on prędkość (częstotliwość) mniejszą aniżeli niemodulowany wektor, zaś w ciągu drugiej połowy okresu modulującej częstotliwości prędkość (częstotliwość) jego jest większa aniżeli prędkość (częstotliwość) niemodulowanego wektora.



Rys. 8

A więc prędkość kątowa modulowanego wektora nie jest stała, tj. częstotliwość jego zmienia się. I rzeczywiście wartość chwilowa przesunięcia fazowego równa jest

$$\Theta = \omega_0 t + \varphi_0 + \Delta\varphi \cdot \sin \Omega t \tag{13}$$

Wartość zaś chwilowa częstotliwości jest pierwszą pochodną przesunięcia fazowego względem czasu

$$\omega = \frac{d\Theta}{dt} = \omega_0 + \Delta\varphi \cdot \Omega \cdot \cos \Omega t \tag{14}$$

$\Delta\varphi\Omega$ posiada tutaj wymiar częstotliwości ($\Delta\varphi$ — *w* bezwymiarowych jednostkach kątowych, radianach) i określa amplitudę wahania częstotliwości. Jak widać z powyższego, przy modulacji fazy wartość chwilowa częstotliwości drgania w. cz. też się zmienia w takt zmiany drgania modulującego.

Oznaczmy maksymalny skok (dewiacja) częstotliwości przez $\Delta\omega$

$$\Delta\omega = \Delta\varphi \cdot \Omega \tag{15}$$

Jak widać z wyrażenia (15), przy modulacji fazy odchylenie częstotliwości zależy nie tylko od amplitudy drgania modulującego, w takt której zmienia się odchylenie fazowe $\Delta\varphi$, ale i od częstotliwości modulującego sygnału Ω. Przy modulacji fazy modulujące sygnały o jednakowej amplitudzie i o różnych częstotliwościach wywołują jednakowe, według wartości, odchylenie fazowe $\Delta\varphi$, jednak te jednakowe odchylenia fazy zachodzą w ciągu nierównych (w czasie) okresów różnych częstotliwości modulujących, tj. zachodzą z różną prędkością. Okoliczność ta prowadzi do tego, że przy modulacji fazy odchylenia częstotliwości $\Delta\omega$ są tym większe, im większa jest częstotliwość drgania modulującego.

Amplitudę odchylenia fazowego nazywamy skokiem (dewiacja) fazowym i oznaczamy przez:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta\omega}{\Omega} = \frac{\Delta f}{F} = \beta \tag{16}$$

Równanie powyższe jest słuszne tylko dla sinusoidalnych przebiegów drgań modulujących. Iloraz $\frac{\Delta\omega}{\Omega}$ nazywamy wskaźnikiem modulacji. Odgrywa on dużą rolę w technice modulacji kątowej, gdyż od niego zależy wygląd promieniowanego widma częstotliwości, jakość transmisji itp.

Powróćmy teraz do równania (12) i podstawmy za $\Delta\varphi$ jego wartość z wyrażenia (16).

$$i = I_0 \sin(\omega_0 t + \beta \cdot \sin \Omega t) \tag{17}$$

Otrzymaliśmy wyrażenie dla drgania z modulacją fazy w postaci ogólnej. Jest rzeczą oczywistą, że i w tym wypadku, jak przy modulacji amplitudy, modulowane drganie nie jest sinusoidalne. Dokładna analiza przy pomocy szeregu Fouriera i funkcji Bessela, której przeprowadzenie wykracza poza ramy niniejszego artykułu, wykazuje, że i to drganie składa się z szeregu drgań sinusoidalnych: sinusoidy o częstotliwości nośnej i mnóstwa fal bocznych.

Dla wykazania obecności w tym drganiu chociażby jednej tzw. pierwszej pary fal bocznych przeprowadzimy analizę dla małych skoków fazowych ($\Delta\varphi$ mniejsze od $^1/_3$ radiana, tj. $\Delta\varphi < 19^0$).

W tym celu napiszemy jeszcze raz ogólne wyrażenie dla drgania z modulacją fazy:

$$i = I_0 \cdot \sin(\omega^0 t + \beta \cdot \sin \Omega t)$$

Przekształcając to wyrażenie przy pomocy wzoru trygonometrycznego

$$\sin(\alpha + \gamma) = \sin\alpha \cdot \cos\gamma + \cos\alpha \cdot \sin\gamma \qquad (18)$$

otrzymamy

$$i = I_0 [\sin\omega_0 t \cdot \cos(\beta \cdot \sin\Omega t) + \cos\omega_0 t \cdot \sin(\beta \cdot \sin\Omega t)] \qquad (19)$$

Jeżeli β jest bardzo mała — to

$$\cos(\beta \cdot \sin\Omega t) \approx 1$$

$$\text{i } \sin(\beta \cdot \sin\Omega t) \approx \beta \cdot \sin\Omega t$$

W takim wypadku wyrażenie (19) przyjmie postać

$$i \approx I_0 [\sin\omega_0 t + \beta \cdot \cos\omega_0 t \cdot \sin\Omega t] \qquad (20)$$

Przekształcając drugi składnik w nawiasie tego wyrażenia według wzoru trygonometrycznego

$$\sin x \cdot \cos y = \frac{1}{2}\sin(x + y) + \frac{1}{2}\sin(x - y) \qquad (21)$$

i zamieniając $\sin(x - y)$ na $-\sin(y - x)$ otrzymamy

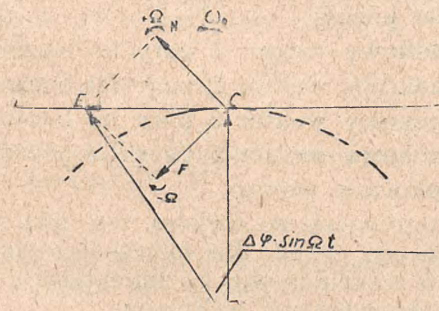
$$i \approx I_0 \left[\sin\omega_0 t + \frac{\beta}{2}\sin(\omega_0 + \Omega) \cdot t - \frac{\beta}{2}\sin(\omega_0 - \Omega) \cdot t\right] \qquad (22)$$

czyli

$$i \approx t_0 \sin\omega_0 t + \frac{\beta\ I_0}{2}\sin(\omega_0 + \Omega)\ t - \frac{\beta \cdot I_0}{2}\sin(\omega_0 - \Omega)\ t \qquad (23)$$

Porównując wyrażenie (23) z analogicznym (9) dla modulacji amplitudy wnioskujemy, że różnica między modulacją amplitudy a modulacją fazy dla małych skoków fazowych polega na tym, że wektor jednej z fal bocznych przy modulacji fazy przesunięty jest względem odpowiedniego wektora przy modulacji amplitudy o 180^0. Takie rozmieszczenie (rys. 9) wektorów fal bocznych pociąga za sobą przesunięcia fazowe o 90^0 między wektorem fali nośnej (OC rys. 9) i wektorem modulacyjnym (CE rys. 9). Modulowany wektor (OE rys. 9) jest geometryczną sumą dwóch wektorów niemodulowanego OC i modulacyjnego CE. Jak widać na rys. 9, koniec E modulowanego wektora OE ślizga się wzdłuż prostej DD^1 i zmienia swą długość w zależności od chwilowej wartości odchylenia fazowego. Świadczy to o tym, że oprócz modulacji fazy mamy tu i szkodliwą modulację amplitudy, gdyż w wypadku czystej, bez zniekształceń, modulacji fazy wektor modulowany musi mieć stałą długość, a to jest możliwe wtedy, jeżeli dla do-

wolnego odchylenia fazowego koniec E wektora OE leży na łuku koła (rys. 9 linia przerywana) o promieniu równym długości wektora nośnej OC.



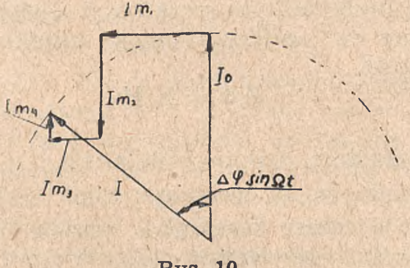
Rys. 9

Otrzymany wynik jest spowodowany wprowadzonym przy analizie uproszczeniem polegającym na opuszczeniu fal bocznych wyższych rzędów.

Z kolei przytoczymy niektóre, wynikające z analizy właściwości modulacji fazy.

Im większy jest skok fazowy Δ φ, czyli im większy jest maksymalny wskaźnik modulacji β, tym większa jest ilość fal bocznych wyższych rzędów zawartych w wypromieniowanym widmie częstotliwości.

Jeśli chodzi o przesunięcia fazowe między wektorami wypadkowymi poszczególnych par fal bocznych a wektorem fali nośnej, to wszystkie wektory wypadkowe par fal bocznych parzystego rzędu posiadają kierunek zgodny z kierunkiem wektora nośnego. Przesunięcia fazowe między nimi wynoszą 0° lub 180°. Wszystkie zaś wektory wypadkowe par fal bocznych rzędu nieparzystego są prostopadłe do wektora fali nośnej, czyli przesunięcia fazowe między nimi wynoszą ± 90°.



Rys. 10

Na rys. 10 przedstawiony jest wykres wektorowy dla modulacji fazy z uwzględnieniem par fal bocznych do 4 rzędu.

Na rysunku tym

I_0 — wektor nośnej

I_{m_1} — wypadkowy wektor 1 pary fal bocznych

I_{m_2} — wypadkowy wektor 2 pary fal bocznych

I_{m_3} — wypadkowy wektor 3 pary fal bocznych

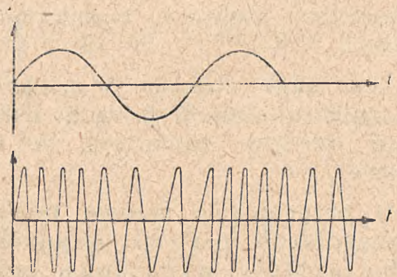
I_{m_4} — wypadkowy wektor 4 pary fal bocznych

I — modulowany wektor.

Jest rzeczą oczywistą, że wykres ten jest ważny tylko dla określonego momentu, czyli dla określonej wartości odchylenia fazowego, które w trakcie modulacji zmienia się i powoduje zmianę ilości i długości odpowiednich wektorów.

C. Modulacja częstotliwości

Przy modulacji częstotliwości w takt zmiany amplitudy drgania modulującego zmienia się wartość chwilowa częstotliwości radiowej (rys. 11).



Rys. 11

$$\omega = \omega_0 + \Delta\,\omega \cos \Omega t \tag{24}$$

gdzie

$\Delta\omega$ — maksymalny skok częstotliwości.

W wypadku modulacji częstotliwości odchylenie częstotliwości jest proporcjonalne do amplitudy drgań modulujących i nie zależy od ich częstotliwości.

$$\Delta\,\omega = k_1\,U$$

gdzie

k_1 — współczynnik proporcjonalności,

U — amplituda drgań modulujących.

Dla każdego systemu transmisji obiera się na stałe wartość maksymalnego skoku (dewiacja) częstotliwości $\Delta\omega$ oznaczając ją jako 100% głębokości modulacji.

Aby znaleźć ogólne wyrażenie dla drgania o modulowanej częstotliwości, nie możemy podstawić wartości ω z wyrażenia (24) do równania (3), gdyż ω jest tutaj wielkością zmienną. Częstotliwość, jak wiadomo, jest pierwszą pochodną całkowitego kąta przesunięcia fazowego Θ względem czasu, tj.

$$\omega = \frac{d\Theta}{dt} \qquad (25)$$

Napiszemy wyrażenie dla niemodulowanego drgania w. cz. postaci przedstawionej równaniem (1)

$$i = I_0 \sin \Theta$$

Przez całkowanie wyrażenia (25) znajdziemy wartość całkowitego kąta obrotu Θ wektora fali nośnej:

$$\Theta = \int_0^t \omega \cdot dt \qquad (26)$$

Podstawmy teraz za ω wartość z równania (24) do wyrażenia (26)

$$\Theta = \int_0^t \left[\omega_0 + \Delta\omega \cdot \cos \Omega t\right] \cdot dt = \omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin \Omega t \qquad (27)$$

Podstawiając teraz wyrażenie (27) do wyrażenia (1), otrzymamy równanie drgania o modulowanej częstotliwości:

$$i = I_0 \sin \Theta = I_0 \sin\left[\omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin \Omega t\right] \qquad (28)$$

Oznaczając iloraz $\frac{\Delta\omega}{\Omega}$ (wskaźnik modulacji) przez β i podstawiając go do wyrażenia (28), otrzymamy równanie dla drgania o modulacji częstotliwości w postaci ogólnej:

$$i = I_0 \sin\left[\omega_0 t + \beta \cdot \sin \Omega t\right] \qquad (29)$$

Z definicji wskaźnika modulacji wynika, że wartość jego jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości modulującej. Najczęściej mamy do czynienia ze wskaźnikiem modulacji dla maksymalnej transmitowanej częstotliwości akustycznej oraz dla maksymalnego skoku częstotliwości. Iloraz taki często nosi nazwę charakterystycznego wskaźnika modulacji, gdyż jest on charakterystyczny dla pewnych systemów transmisji.

Wyrażenie dla fali o modulowanej częstotliwości (29) jest identyczne z równaniem (17) dla fali o modulowanej fazie. Przy analizie modulacji fazy widzieliśmy, że zmiany (w czasie) wartości chwilowej przesunięcia fazowego pociągały za sobą odchylenia częstotliwości. Tak samo przy modulacji częstotliwości zmiany częstotliwości, tj. zmiany prędkości ruchu wektora, pociągają za sobą odchylenia jego od tego położenia, jakie zająłby on bez modulacji, a więc powodują odchylenia fazy.

Zaznaczyć tu należy, że otrzymana identyczność analityczna jest spowodowana całym szeregiem uproszczeń. W rzeczywistości zjawiska mają bardziej skomplikowany przebieg. Gdy drgania modulujące są sinusoidalne i o jednej tylko częstotliwości, wówczas rzeczywiście nie możemy odróżnić modulacji fazy od modulacji częstotliwości, gdyż w tym wypadku wskaźniki (β) dla obu rodzajów modulacji są sobie równe.

W praktyce jednak drgania modulujące zawsze zawierają większą ilość częstotliwości modulujących (ton zasadniczy i jego harmoniczne) i wtedy jaskrawo występuje różnica między obu rodzajami modulacji.

Dokładna analiza wyrażenia na drganie o modulacji częstotliwości podobnie jak na drganie o modulacji fazy wymaga stosowania szeregu Fouriera i funkcji Bessela, które ze względu na szczupłe ramy artykułu opuszczamy.

Przyjęte przez nas uproszczenia analizy sprawiają, że rachunek, wykresy wektorowe i położenia wektorów fal bocznych względem wektora fali nośnej, przytaczane przy analizie modulacji fazy, są takie same i dla modulacji częstotliwości.

4. Porównanie modulacji fazy i częstotliwości

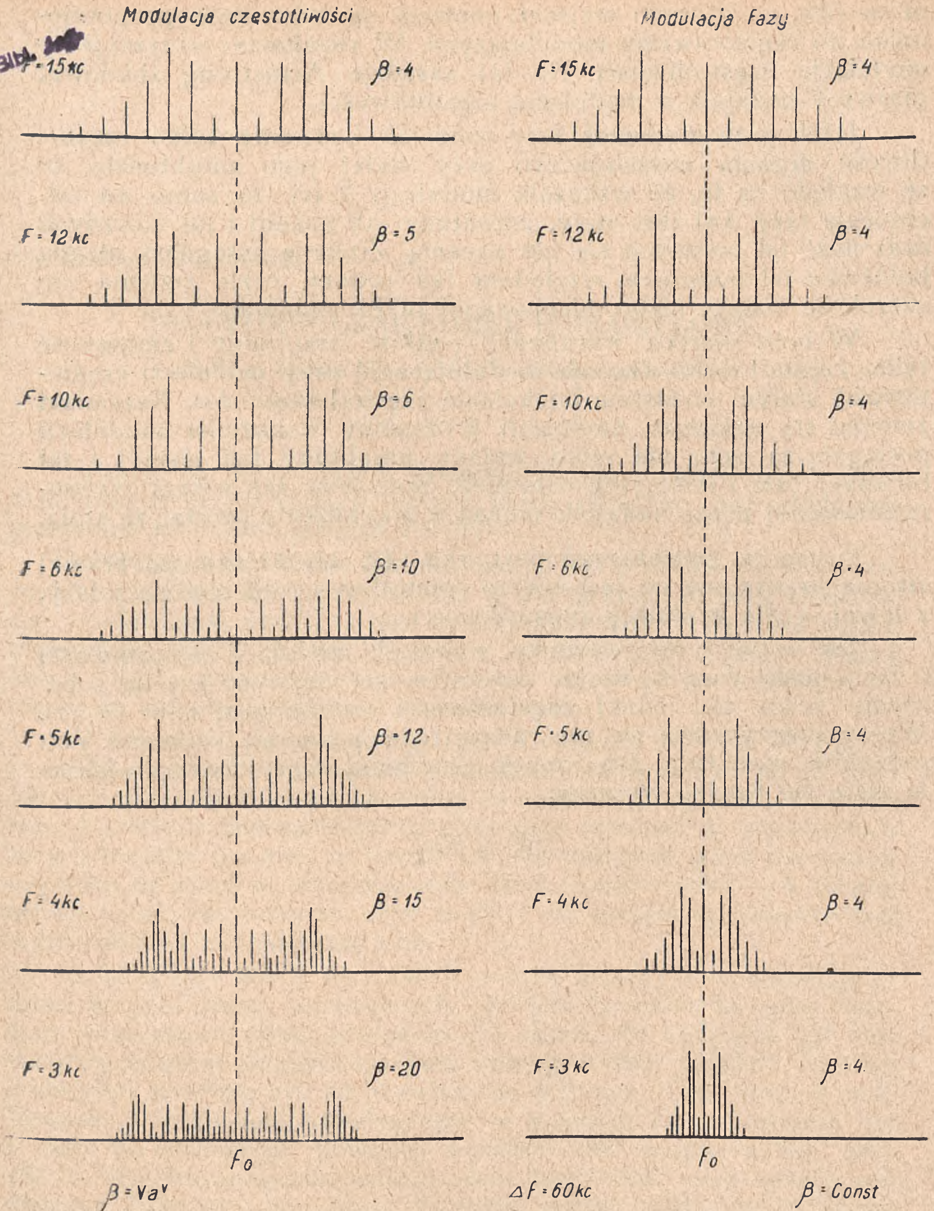
W poprzednim rozdziale pokazaliśmy, że odchylenia fazy i częstotliwości są zjawiskami nierozerwalnie między sobą związanymi i są jakby tylko różnymi formami przejawienia się jednego i tego samego procesu. Mimo to modulacja fazy i częstotliwości różnią się zasadniczo między sobą.

Różnica między nimi polega na tym, że przy modulacji częstotliwości odchylenie częstotliwości $\Delta\omega$ jest funkcją liniową amplitudy drgania modulującego, czyli innymi słowy, odchylenie częstotliwości jest wprost proporcjonalne do amplitudy drgania modulującego i nie zależy od częstotliwości tego ostatniego. Występujące przy tym rodzaju modulacji odchylenie fazy fali nośnej jest zależne od częstotliwości drgania modulującego.

Przy modulacji fazy odchylenie fazy $\Delta\varphi$ jest wprost proporcjonalne do amplitudy drgania modulującego i nie zależy od jego częstotliwości. Występujące zaś przy tym rodzaju modulacji odchylenie częstotliwości fali nośnej zależy i od amplitudy drgania modulującego i od jego częstotliwości, co jasno widać z wyrażenia

(16): $$\Delta\varphi = \frac{\Delta\omega}{\Omega}$$

Wyrażenie to charakteryzuje różnicę między obu rodzajami modulacji, a zarazem wskazuje nam środek do przejścia z jednego rodzaju modulacji na drugi. Wytwarzanie modulacji fazowej na stacji nadawczej jest łatwiejsze niż modulacji częstotliwości. Na stacjach nadawczych pewnego typu stosuje się zatem modulację fazy z uprzednim przepuszczeniem częstotliwości modulujących


Modulacja częstotliwości
Modulacja fazy
F = 15 kc
β = 4
F = 12 kc
β = 5
F = 10 kc
β = 6
F = 6 kc
β = 10
F = 5 kc
β = 12
F = 4 kc
β = 15
F = 3 kc
β = 20
F = 15 kc
β = 4
F = 12 kc
β = 4
F = 10 kc
β = 4
F = 6 kc
β = 4
F = 5 kc
β = 4
F = 4 kc
β = 4
F = 3 kc
β = 4
f₀
f₀
β = var
Δf = 60 kc
β = Const

Rys. 12

przez filtr, na którego wyjściu napięcia są odwrotnie proporcjonalne do częstotliwości modulujących. W rezultacie otrzymujemy modulację częstotliwości. Na tej zasadzie Armstrong zbudował pierwszy nadajnik z modulacją częstotliwości.

Jeżeli przy modulacji fazy zmieniać będziemy tylko częstotliwość drgania modulującego przy stałej jego amplitudzie, to ze względu na to, że wskaźnik modulacji β (tj. to samo co odchylenie fazy $\Delta\varphi$) jest stały, amplitudy fali nośnej i fal bocznych oraz ilość fal bocznych się nie zmienią. Zmianie natomiast ulegną położenia fal bocznych względem fali nośnej, czyli zmienia się szerokość wstęgi wypromieniowanej przez nadajnik.

W tych samych warunkach (stałość amplitudy i zmienność tylko częstotliwości drgania modulującego) przy modulacji częstotliwości stałym pozostaje odchylenie częstotliwości $\Delta\omega$. Natomiast zmienia się wskaźnik modulacji β. Zmiany wskaźnika modulacji pociągają za sobą nie tylko zmiany amplitudy fali nośnej i fal bocznych, ale i ilość tych ostatnich. Szerokość zaś wstęgi wypromieniowanej przez nadajnik można w przybliżeniu uważać za stałą.

Ilustracją powyższego jest rys. 12, na którym po prawej stronie przedstawione jest widmo częstotliwości dla modulacji fazy, z lewej — dla modulacji częstotliwości.

Jak widać z tego rysunku, wskaźniki modulacji częstotliwości i fazy przy danym skoku częstotliwości ($\Delta f = 60$ kc) są sobie równe tylko dla jednej częstotliwości modulującej ($F = 15$ kc). Wtedy rzeczywiście nie ma żadnej różnicy między widmami obu rodzajów modulacji. Dla innych natomiast częstotliwości różnica ta staje się bardzo wyraźna.

(d. c. n.)

Mjr EDWARD HOŁYŃSKI

TELETECHNICZNE KABLE WIELOŻYŁOWE

(c. d. z numeru 11—12/49 „Przeglądu Łączności")

VI

Zależnie od przeznaczenia i warunków pracy, rozróżniamy kilka zasadniczych typów kabli, z których każdy określony jest odrębnymi przepisami norm technicznych PN/PNT.

1. **Telefoniczne Kable Instalacyjne** (TKI) wykonane według warunków PN/PNT-424* przeznaczone są dla łączenia ze sobą objektów sieci telefonicznej wewnątrz tego samego budynku. Przytoczone normy przewidują użycie drutów w izolacji emaliowej (właściwy symbol kabla TKIE), obecnie jednak nie używa się — aż do odwołania — emalii do izolowania żył kabli instalacyjnych.

W kablach TKI stosuje się żyły o średnicy 0,7 mm wykonane z miedzi miękkiej o przewodności właściwej nie mniejszej od 57 przy 20° C. i wytrzymałości mechanicznej co najmniej 8 kg/mm². Poza żyłami o średnicy znormalizowanej stosowane są także w tych kablach żyły o średnicy 0,6 mm, co jednak nie jest wskazane, gdyż wprawdzie uzyskuje się przez to obniżenie ceny kabli instalacyjnych — z drugiej strony kabel jest wówczas zbyt cienki i nie gwarantuje dostatecznej wytrzymałości mechanicznej żyły.

Izolacja żyły składa się z dwóch warstw przędzy bawełnianej, przy czym przędza górnej warstwy żyły „b" jest barwiona na kolor określony warunkami wyżej wymienionych norm. Po owinięciu żył obie warstwy bawełny przesyca się masą impregnacyjną. Grubość warstwy izolacyjnej powinna być nie mniejsza od 0,22 mm. Opór izolacji emaliowanej i izolowanej bawełną żyły w stosunku do pozostałych żył i płaszcza ołowianego powinien wynosić 1000 megomów/km przy 15° C. Przy zastosowaniu izolacji tylko bawełnianej opór izolacji jest znacznie mniejszy i dotychczas nie został jeszcze ostatecznie określony normami i przyjmuje się na razie 100 megomów/km (jak dla kabli zakończeniowych).

---

* PN/PNT — Polskie Normy Teletechniczne. Skróty nazw kabli (symbole) określone zostały „Zasadami znakownictwa teletechnicznego przewodów izolowanych i kabli".

Żyły kabla skręcone są w pary, z wyjątkiem kabla dwuparowego, gdzie wszystkie żyły skręcone są w czwórkę gwiaździstą. Ilość par w kablach znormalizowanych wynosi: 1, 2, 4, 6, 10, 15 albo 21. Poza tymi spotykane są kable instalacyjne 5, 7, 8 lub 9-parowe. Rdzeń kabla owinięty jest pojedynczą taśmą z surówki i całość jeszcze raz przesycona masą impregnacyjną.

Osłonę kabla stanowi powłoka ołowiana o grubości od 0,7 do 1 mm. Pełne oznaczenie telefonicznego kabla instalacyjnego zawierającego np. 30 żył o średnicy 0,6 mm ma postać: TKI-15 × 2 × 0,6.

Nazwy innych kabli dowolnego typu i dowolnej konstrukcji układa się w analogiczny sposób.

Przytoczona niżej tabelka podaje zasadnicze wartości konstrukcyjne i wymiarowe kabli instalacyjnych (znormalizowanych).

TABELA 1

Ilość żył w kablu	Ilość par w warstwach			Grubość ołowiu w mm	Największy zewnętrzny wymiar kabla w mm	Przybliżony ciężar 1000 m w kg
	Jądro	I	II			
2	1	—	—	0,7	5,0	11
4	2	—	—	0,9	6,0	16
8	4	—	—	0,9	9,0	22
12	1	5	—	0,9	10.5	27
20	2	8	—	1,0	13,0	38
30	5	10	—	1,0	15,0	49
42	1	7	13	1,0	17,0	63

Telefoniczne kable instalacyjne stosowane w górnictwie jako kabelki szybowe są opancerzone okrągłym, pocynkowanym drutem żelaznym (symbol: TKIFo — Telefoniczny Kabel Instalacyjny Ferrum (żelazo) okrągłe lub drutem żelaznym nie pocynkowanym a pokrytym warstwą masy ochronnej (symbol: TKIFoA; litera A — asfalt określa wszystkie masy ochronne używane do opancerzenia).

Instalacyjne kable w gumie (TKIG) wykonywane według warunków PN/PNT-425 przeznaczone są dla instalacji hermetycznych. W kablach tych pocynowane żyły o średnicy 0,7 mm i własnościach mechanicznych i elektrycznych jak w kablach TKI pokryte są warstwą gumy.

Normy PNT-425 przewidują kable jedno i dwużyłowe, w praktyce jednak spotykane są te kable także o większej ilości żył, a mianowicie: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 albo 20-żyłowe, przy czym rdzeń kabla 4-żyłowego skręcony jest w czwórkę gwiaździstą, pozostałe zaś — z wy-

jątkiem jednożyłowego — w pary. Rdzeń kabla pokryty jest powłoką ołowianą i ewentualnie opancerzony (TKIGFo lub TKIGFoA).

2. **Telefoniczne Kable Stacyjne** (TKS) wykonane według warunków PN/PNT-421 stosuje się jedynie w suchych pomieszczeniach do łączenia ze sobą zespołów tego samego urządzenia teletechnicznego.

Żyły kabli stacyjnych wykonywane są z miękkiej miedzi o przewodności nie mniejszej niż 56 $\frac{mm^2}{\Omega m}$ przy temperaturze + 20° C i wytrzymałości na rozerwanie co najmniej 23 kg/mm². Powierzchnia żyły jest pocynowana. W kablach znormalizowanych stosowane są żyły o średnicy 0,6 mm, izolowane dwiema warstwami naturalnego, niebarwionego jedwabiu i jedną warstwą bawełny barwionej na kolor zależny od położenia żyły w rdzeniu. Materiały włókniste używane do izolowania żył kabli stacyjnych nie są impregnowane. Grubość oprzędu izolacyjnego powinna wynosić co najmniej 0,2 mm. Oporność izolacji jednej żyły w stosunku do pozostałych i taśmy staniolowej powinna być nie mniejsza od 50 megomów/km przy 20° C.

Żyły skręcone są w wiązki parowe lub trójkowe. Ilość żył w kablach stacyjnych znormalizowanych wynosi: 6, 12, 22, 33, 42, 52, 63 i 84 lub 102. Rdzeń kabla owinięty jest warstwą przędzy bawełnianej, taśmą papieru izolacyjnego, taśmą staniolową, taśmą papieru impregnowanego i drugą warstwą przędzy bawełnianej, przesyconej masą ognioodporną, po czym pokryty jest oplotem bawełnianym impregnowanym masą ognioodporną.

W tabeli 2 zestawione są wartości wymiarowe i konstrukcyjne kabli stacyjnych (w oplocie).

W braku jedwabiu naturalnego kable stacyjne pokrywane są zamiast oplotu powłoką ołowianą. W niektórych wypadkach żyły kabli stacyjnych pokrywa się emalią izolacyjną i warstwą izolacji włóknistej, a powłokę kabla wykonywa się z oplotu bawełnianego. Emalia zapewnia wprawdzie uzyskanie wymaganej oporności izolacji, z drugiej jednak strony utrudnia i przedłuża prace montażowe wskutek konieczności usuwania warstwy emalii i końców żył montowanego kabla.

3. **Telefoniczne Kable Wnętrzowe** (TKW)* wykonywane według warunków PN/PNT-422 używane są jako kable zakończeniowe dla łączenia kabli sieciowych (z izolacją żył powietrzno-papierową) z zakończeniami (puszki słupowe, szafki uliczne) lub urządzeniami rozdzielczymi sieci teletechnicznej oraz w miejscach przejścia obwodów kablowych na urządzenia stacyjne (przełącznice, kable stacyjne itd.).

Własności mechaniczne i elektryczne miedzi przewodowej używane w kablach TKW są te same co w kablach stacyjnych. Izolacja żył wykonana jest z dwu warstw jedwabiu niebarwionego i bawełny barwionej. Materiały włókniste stosowane do izolacji żył nie są impregnowane. Oporność izolacji jednej żyły w stosunku do pozosta-

---

*) Nowy projekt norm PN/PNT-422 przewiduje zmianę nazwy TKW na TKZ (Telefoniczne Kable Zakończeniowe).

TABELA 2

Ilość żył w kablu	Ilość wiązanek w warstwach				Największy zewnętrzny wymiar kabla w mm	Przybliżony ciężar 1000 m w kg	Wymiar bębna
	Jądro	I	II	III			
6	3 x 2	—	—	—	7	56	3
12	1 x 2	5 x 2	—	—	8	88	3
22	3 x 2	8 x 2	—	—	9,5	131	4
33	3 x 3	8 x 3	—	—	10,5	180	4
42	1 x 2	7 x 2	13 x 2	—	11,5	215	4
52	3 x 1	9 x 1	7 x 2	13 x 2	14	293	4
63	1 x 3	7 x 3	13 x 3	—	14	303	5
84	1 x 2	7 x 2	13 x 2	21 x 2	16 5	443	5
102	4 x 2	10 x 2	16 x 2	21 x 2	17,5	466	5

łych i płaszcza ołowianego powinna wynosić co najmniej 100 megomów/km przy 20° C. Żyły skręcone są w wiązki czwórkowe w układzie gwiaździstym. Ilość wiązek w kablach znormalizowanych wynosi: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 lub 50. Rdzeń kabla owinięty jest taśmą z surówki i pokryty osłoną ołowianą o grubości od 1 do 1,5 mm.

Wartości konstrukcyjne i wymiarowe TKW znormalizowanych podane są w tabeli 3.

TABELA 3

Ilość żył w kablu	Ilość wiązek w warstwach				Grubość ołowiu w mm	Największy zewnętrzny wymiar kabla w mm	Przybliżony ciężar 1000 m w kg	Wymiar bębna
	Jądro	I	II	III				
20	5	—	—	—	1,0	10,0	394	3
40	2	8	—	—	1,0	13,4	580	4
60	5	10	—	–	1,2	15,6	822	4
80	1	6	13	–	1,2	16,7	943	5
100	2	8	15	—	1,2	19,4	1129	5
120	4	10	16	—	1,2	20,1	1223	6
160	1	7	13	19	1,3	22,1	1507	6
200	4	10	15	21	1,5	25,8	1989	8

4. **Telefoniczne Kable Miejskie parowe** (TKMp, TKMpFo, TKMpFp, TKMpFzA, TKMpFoA, TKMpFpA *, wykonywane według warunków PN/PNT-419 przeznaczone są do budowy miejskich sieci telefonicznych w kanalizacji kablowej lub wprost w ziemi (opancerzone).

W kablach tego typu stosuje się żyły o średnicy 0,5, 0,6, 0,7 i 0,8 mm (przytoczone normy przewidują tylko średnice 0,5 i 0,7 mm) wykonane z miedzi miękkiej o przewodności właściwej nie mniejszej od 57 $\frac{m \cdot m^2}{\Omega \cdot m}$ i wytrzymałości mechanicznej co najmniej 20 kg/km^2. Żyła izolowana jest taśmą papieru naturalnego spiralnie nawiniętego na przewodnik, dzięki czemu między papierem a metalem tworzy się warstwa powietrza stanowiącego właściwą izolację (stąd nazwa izolacji powietrzno-papierowej). Oporność izolacji jednej żyły w stosunku do pozostałych i powłoki ołowianej powinna wynosić nie mniej, niż 5000 megomów/km przy 20° C.

Żyły kabla skręcone są w wiązki parowe. Ilość wiązek w kablach znormalizowanych wynosi: 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600 lub 900. Poza tym spotykane są kable o zbliżonych do znormalizowanych ilościach wiązek np. 60, 80, 150, 250 itd. Produkcja kabli o ilości wiązek ponad 900 nie jest stosowana ze względu na nadmierną średnicę i ciężar odcinka fabrykacyjnego.

Rdzeń kabla owinięty jest taśmą papierową i taśmą z surówki, a następnie pokryty powłoką ołowianą, przy czym dla kabli gołych stosowany jest stop 99% Pb i co najmniej 1% Sn, a w kablach opancerzonych powłokę wykonuje się z czystego ołowiu hutniczego o zawartości przynajmniej 99,9% czystego ołowiu.

Ze względu na kosztowniejszą fabrykację i większą (przy tej samej ilości żył) średnicę kabli parowych od czwórkowych, a co za tym idzie większy ciężar i cenę — kable parowe są coraz rzadziej stosowane i wypierane przez kable czwórkowe, które poza przewagą czysto handlową są korzystniejsze pod względem możliwości wykorzystania ich dodatkowych własności elektrycznych (możność tworzenia obwodów pochodnych).

5. **Telefoniczne Kable Miejskie czwórkowe** (TKM, TKMFo, TKMFo, TKMFoA, TKMFpA, TKMFtA) wykonywane są według

---

* Znaczenie symboli jest następujące:

TKMpFo	— Telefoniczny	Kabel	Miejski	parowy	Ferrum	(żelazo)	okrągłe
TKMpFp —	„	„	„	„	„	„	płaskie
TKMpFtA —	„	„	„	„	„	„	taśmowe Asfalt
TKMpFoA —	„	„	„	„	„	„	okrągłe Asfalt
TKMpFpA —	„	„	„	„	„	„	płaskie Asfalt

Ilość żył w kablu	Ilość wiązek w warstwach																
	Jądro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	2 5	8															
40	1 2	6 8	13 —														
60	4 5	10 10	16 —														
80	1 1	7 6	13 13	19 —													
100	4 2	10 8	15 15	21 —													
120	— 4	— 10	— 16														
160	— 1	— 1	13	— 19													
200	2 4	8 10	14 15	20 21	25 —	31 —											
300	— 3	— 9	— 15	— 21	— 27												
400	4 2	10 8	16 14	22 20	28 25	34 31	40 —	46 —									
600	3 4	9 10	15 16	21 21	27 27	33 33	39 39	45 —	51 —	57 —							
800	1 4	6 10	12 16	18 22	24 28	30 34	36 40	42 46	48 —	55 —	61 —	67 —					
1000	3 —	9 —	15 —	21 —	27 —	33 —	39	45 —	50 —	56 —	62 —	67 —	73 —				
1200	4 3	10 9	16 15	22 21	28 27	34 33	40 39	46 45	52 51	58 57	64 —	70 —	75 —	81 —			
1800	4 4	10 10	16 16	22 22	28 28	35 34	41 41	47 47	53 53	59 59	65 65	71 71	77 —	84 —	90 —	96 —	102 —
2400	— 4	— 10	— 16	— 22	28	— 34	— 40	— 46	— 52	— 58	— 64	— 70	— 75	— 81	—	—	—

* Liczby górne podane w tabelach 4—6 dotyczą kabli miejskich parowych, (TMKp), liczby dolne — czwórkowych (TKM).

norm PN/PNT-420. Od kabli parowych różnią się jedynie ilością i budową wiązek tworzących rdzeń kabla. Żyły w izolacji powietrzno-papierowej skręcone są w wiązki czwórkowe w układzie gwiaździstym. Ilość wiązek w kablach znormalizowanych wynosi: 5, 10, 15, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 450 lub 600. Pozostałe dane techniczne, elektryczne i mechaniczne kabli czwórkowych — poza wartościami sprzężeń pojemnościowych, o czym będzie mowa przy pomiarach kabli — są te same co dla kabli parowych.

Konstrukcja i dane wymiarowe znormalizowanych kabli miejskich (parowych i czwórkowych) podane są w tabelach 4—6.

Wartości wymiarowe i ciężar kabli TKMp i TKMpFtA o średnicach 0,6 i 0,8 mm, a więc nie objętych warunkami PN/PNT oraz ciężar kabli miejskich, podane są na podstawie danych Biura Konstrukcyjnego Pomorskich Zakładów Wytwórczych Materiałów Elektrotechnicznych.

6. **Telefoniczne Kable Dalekosiężne** (TKD, TKDFtA, TKDFoA, TKDFpA, TKDFod, TKDFpd* wykonywane są według warunków PN/PNT-423 opracowanych na podstawie postanowień Międzynarodowego Komitetu Doradczego do spraw telefonii (CCIF), przeznaczone są do wykonywania linii teletechnicznych międzymiastowych. Najczęściej spotykane są kable dalekosiężne opancerzone, a tylko na odcinkach miejskich, gdzie mogą być ułożone w kanalizacji, stosuje się kable obołowione.

Przytoczone normy (jak zresztą i inne dla kabli dalekosiężnych) nie przewidują znormalizowanej budowy wewnętrznej kabli dalekosiężnych, gdyż średnice żył oraz ilość wiązek i ich układ w rdzeniu ustala się każdorazowo w zależności od potrzeb określanych przeznaczeniem danego kabla, z uwzględnieniem jednak racjonalnej jego budowy.

Najczęściej w kablach dalekosiężnych stosuje się żyły o średnicy 0,9 i 1,3 mm wykonane z wyżarzonej miedzi wzorcowej o przewodności właściwej 58 $\frac{m \cdot m^2}{\Omega \cdot m}$ przy temperaturze + 20° C i wytrzymałości mechanicznej nie mniejszej od 20 kg/mm². Poza wymienionymi używane są także w kablach tego typu żyły o innych średnicach (od 0,6 do 1,5 mm). Do izolowania żył używa się taśmy papierowej, przy czym przed jej nawinięciem żyłę owija się spiralnie — w odstępach gwarantujących dobre rozmieszczenie taśmy papierowej — sznurkiem papierowym (kordlem), przez co uzyskuje się równomierną warstwę powietrza otaczającego przewodnik.

Oporność izolacji jednej żyły w stosunku do pozostałych i powłoki ołowianej powinna być nie mniejsza od 10000 megomów/km przy 20° C.

---

* Litera „d“ oznacza drut, którym spiralnie owinięty jest pancerz dla zapobieżenia przed rozwijaniem się.

TABELA 5. WYMIARY KABLI MIEJSKICH OBOŁOWIONYCH

Ilość żył w kablu	Grubość powłoki ołowianej w mm przy średnicy żył				Wymiary zewnętrzne kabli w mm przy średnicy żył				Przybliżony ciężar 1000 m w kg				Wymiar bębna przy średnicy żył			
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
20	1,5	1,5	1,5	1,5	10,0	11,5/11,0	13,0/11,9	14,5/12,9	511,2/550	6[illegible]1,5/607,0	713,2/652,0	820,5/730,5	3	4/3	4	4
40	1,5	1,5	1,6/1,5	1,6	12,5	14,5/13,9	16,0/15,4	18,0/16,7	693,5/750	838,4/804,0	1006,0/971,0	1173,6/1095,0	4	4	4	5/4
60	1,5	1,5/1,6	1,7	1,7	14,5/14,4	16,5/16,3	19,0/18,1	21,5/19,8	851,1/900	1011,8/1045,0	1318,0/1262,0	1548,9/1438	4	4	5	5
80	1,6	1,6/1,7	1,8/1,7	1,8	16,5/15,7	18,5/17,7	21,0/19,5	23,0/21,5	1051,3/1100	1237,3/1214	1590/1427	1816,2/1715	5/4	5/5	6/5	6
100	1,7/1,6	1,7	1,9/1,8	1,9	18,0/17,0	21,0/19,3	23,5/21,5	26,5/23,8	1244/1200	1506,9/1449	1909/1703	2237/2045	5	6/5	6	6
120	—/1,7	—/1,8	—/1,9	—/2,0	—/18,4	—/20,9	—/23,3	—/25,8	—/1400	—/1023	—/1975,7	—/2367	—/5	—/5	—/6	—/6
160	—/1,8	—/1,9	—/2,0	—/2,1	—/20,8	—/23,7	—/26,4	—/29,2	—/1700	—/2005	—/2426	—/2918	—/5	—/6	—/6	—/8
200	1,9	1,9/2,0	2,1	2,1/2,2	24,0/22,9	27,5/26,2	31,5/29,2	35,0/32,4	1514/2000	2594,3/2382	3069/2889	3572,4/3473	6	8/6	—	8

Ilość żył w kablu	Grubość powłoki ołowianej w mm przy średnicy żył				Wymiary zewnętrzne kabli w mm przy średnicy żył				Przybliżony ciężar 1000 m w kg				Wymiar bębna przy średnicy żył			
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
300	—/2,0	—/2,1	—/2,2	—/2,3	—/27.2	—/31,0	—/34,8	—/38,5	—/2600	—/3135	—/3831	—/4605	—/6	—/8	—/9	—/9
400	2,1	2,1/2,2	2,4	2 4/2,5	32 5/30,8	37,5/35,4	43,0/39,7	48,0/44 0	3320,3/3200	3944,7/3892	5178/4872	6056.8/5881	9/8	9	11	11
600	2,3	2,3/2,4	2,7/2,6	2,7/2,8	39,0/37,0	46,5/42,5	52,0/47,7	59,5/53,1	4408/4300	5552,5/6335	7270/6690	8746.6/6331	11/9	11/11	14/11	14
800	2 5/2,4	2,5/2,6	3,0/2.8	3,0	44.5/42.0	52,5/48,4	60 0/54,4	68 0/60,5	6625/5300	7033.4/6776	9467/8473	11302,2/10456	11	14/11	14	14
1000	2,7/—	—/—	—/—	—/—	49,5/—	—/—	—/—	—/—	—/—	—/—	—/—	—/—	11/—	—/—	—/—	—/—
1200	2 8/2,7	—/2.9	—/3,2	—/3,4	54,0/50,7	—/58,8	—/65,9	—/73,8	—/7500	—/9567	—/12185	—/14970	14/11	—/14	—/14	—/14
1800	3,1/3,0	—/3 3	—/—	—/—	65,0/61,4	—/70,8	—/—	—/—	—/10500	—/13591	—/—	—/—	14	—/14	—/—	—/—
2400	—/3,3	—/—	—/—	—/—	—/70,4	—/—	—/—	—/—	—/13500	—/—	—/—	—/—	—/14	—/—	—/—	—/—

TABELA 6. WYMIARY KABLI MIEJSKICH OPANCERZONYCH

Ilość żył w kablu	Grubość powłoki ołowianej w mm przy średnicy żył				Przybliżone wymiary zewnętrzne kabli opancerzonych w mm przy średnicy żył				Przybliżony ciężar 1000 m w kg przy średnicy żył				Wymiar bębna przy średnicy żył			
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
20	1,4	1,4	1.4	1,4	19,0/18 8	19,8	22,0/20,7	21,7	1000	1102/1150	1250	1515/1350	5/4	5	5	5
40	1,4	1.4	1,4/—	1,5	21,5/21,3	22,7	25,0/24 2	25,5	1300	1522/1450	1650	1916/1800	5	5	5	6/5
60	1 4	1.4/1,5	1,5	1,6	23.5/23,2	25,1	28,0/26,7	28,6	1500	1774/1800	2000	2404/2250	5	6/5	6	6
80	1,4/1,5	1,5	1,6/1,5	1,6	25.5/24,5	26.3	30.0/28,1	30,1	1700	1996/1950	2200	2627/2600	6/5	6	6	8/6
100	1.5	1,5	1,7/1 6	1,6	27.0/25,8	27 9	32.5/30,1	32,2	1900	2348/2200	2500	3140/2800	6	8/6	8	8
120	—/1,5	—/1,6	—/1,6	—/1 7	—/27,0	—/29,5	—/31.7	—/34,2	—/2000	—/2100	—/3000	—/3200	—/6	—/8	—/8	—/8
160	—/1,6	—/1,6	—/1,7	—/1,8	—/29.4	—/32.1	—/34,8	—/37.6	—/2400	—/2800	—/3300	—/3900	—/6	—/8	—/8	—/8
200	1,7/1,6	1,7	1,9/1,8	1,9	33,0/31,3	34,6	40,5/36,7	40,8	2700	3431/3300	3800	4845/4500	8	8	9/8	9

Ilość żył w kablu	Grubość powłoki ołowianej w mm przy średnicy żył				Przybliżone wymiary zewnętrzne kabli opancerzonych w mm przy średnicy żył				Przybliżony ciężar 1000 m w kg przy średnicy żył				Wymiar bębna przy średnicy żył			
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0.7	0.8	0,5	0,6	0,7	0,8
300	—/1,7	—/1,9	—/2,0	—/2,1	—/35,6	—/39,6	—/43,4	—/47,1	—/3400	—/4300	—/5100	—/5900	—/8	—/9	—/9	—/11
400	1,9/1,8	2,0	2,2/2,1	2,3	41,5/39,2	44,0	55,0/48,1	55,8	4100	5291/5200	6300	8630/8100	9	11/9	11	14
600	2,1/2,0	2,2	2,5/2,4	2,5	48,0/45,4	54,3	64,0/59,5	64,7	540	8208/7700	10000	11795/10700	14/11	14/11	14	14
800	2,3/2,9	2,4	2,8/2,6	2,7	56,5/53,8	60,2	72,0/66,2	72,1	7100	9955/9400	11400	14740/13500	14	14	14	14
1000	2,5/—	—/—	—/—	—/—	61,5/—	—/—	—/—	—/—	—/—	—/—	—/—	—/—	14	—/—	—/—	—/—
1200	2,6/2,4	—/2,7	—/2,9	—/3,0	66,0/62,3	—/70,6	—/77,5	—/85,2	—/9800	—/12600	—/16600	—/18900	14	—/14	—/14	—/14
1800	2,9/2,7	—/3,0	—/—	—/—	77,0/73,0	—/82,4	—/—	—/—	—/13200	—/17000	—/—	—/—	14	—/14	—/—	—/—
2400	—/3,0	—/—	—/—	—/—	—/82,0	—/—	—/—	—/—	—/16600	—/—	—/—	—/—	—/14	—/—	—/—	—/—

Zaizolowane żyły o jednakowej średnicy skręca się w czwórki w układzie Dieselhorst—Martina* z tym jednak, że czwórki sąsiednie powinny mieć różne skoki skrętów. Sposób rozmieszczenia wiązek o żyłach cieńszych i grubszych w poszczególnych warstwach ośrodka zależy od ilości tych wiązek i, poza ogólnymi zasadami budowy rdzenia oraz specyficznymi wymaganiami dla danego typu kabla, nie jest ściśle określony.

W rdzeniu kabla dalekosiężnego znajduje się zazwyczaj pewna ilość wiązek radiowych. Żyły tych wiązek wykonane i zaizolowane w sposób analogiczny jak żyły teletechniczne — skręcone są w pary. Pary radiofoniczne, umieszczone wewnątrz rdzenia kablowego, są odizolowane od pozostałych wiązek warstwą ekranującą, wykonaną z jednej lub kilku taśm papierowych, taśmy staniolowej (93%Pb + 7% Sn) i znowu jednej lub kilku taśm papierowych. Nieraz zamiast taśmy staniolowej i górnej warstwy papieru stosuje się ekran z ołowiu naprasowanego w kształcie rury bez szwu, o grubości ścianek od 0,9 do 1,2 mm. Ten sposób ekranowania ma tę przewagę nad pierwszym, iż przy zachowaniu tych samych cech elektromagnetycznych daje znacznie korzystniejsze warunki ochrony par ekranowanych przed wilgocią. Z drugiej jednak strony ekran w postaci rury ołowianej powiększa znacznie wymiary i ciężar całego kabla.

Rdzeń kabla owija się przynajmniej dwiema taśmami papieru izolacyjnego, po czym zostaje naprasowana osłona ołowiana i nałożony pancerz w sposób opisany w poprzednich częściach tego artykułu.

Poza opisanymi, najczęściej spotykanymi typami, istnieje cały szereg kabli, których konstrukcja i dane techniczne są zbliżone lub pochodne od znormalizowanych — nie będą więc osobno omawiane.

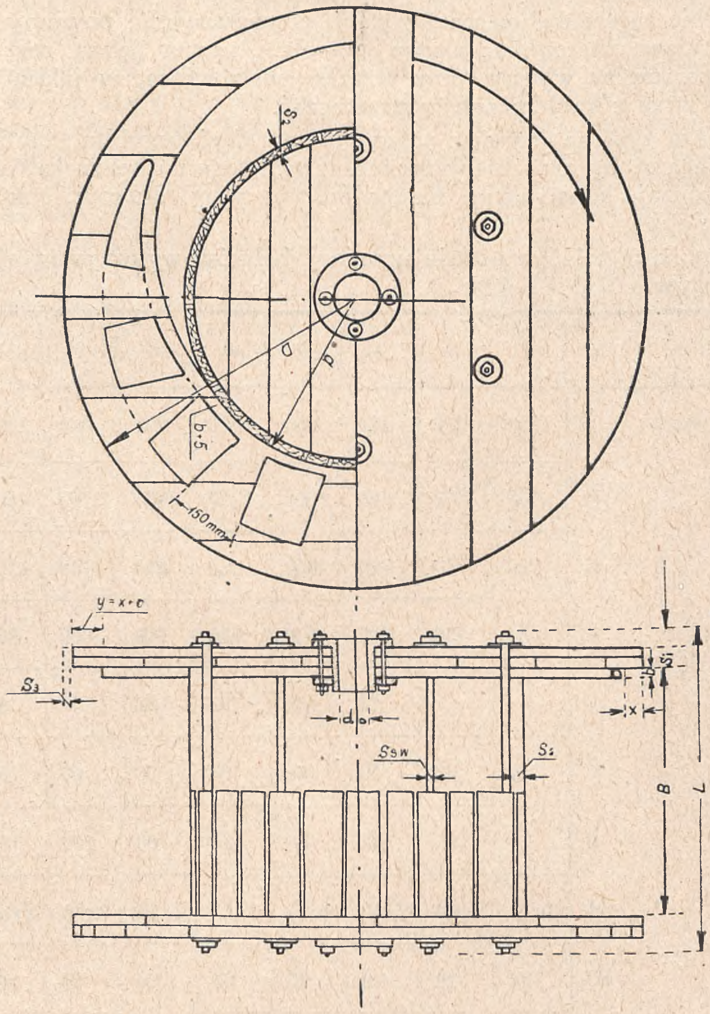
Wykonany odcinek kabla bezpośrednio po wyjściu z maszyny (natryskarka, oplatarka, prasa lub zbrojarka) — zostaje nawinięty na szpulę — bęben stanowiący jego opakowanie typowe, chroniące go od uszkodzenia w czasie magazynowania i transportu, przy czym nawijanie odbywa się w ten sposób, aby oba końce były dostępne dla dokonywania pomiarów. Kierunek nawinięcia powinien być przeciwny do wskazówki znajdującej się na tarczy bębna, czego należy bezwzględnie przestrzegać, gdyż w wypadku nawinięcia w kierunku przeciwnym przetaczanie bębna w kierunku wyznaczonym przez wskazówkę powodować będzie rozluźnianie się zwojów i ich splątywanie, co może przyczynić się do uszkodzenia kabla. Końce odcinka kablowego powinny być szczelnie zalutowane i mocno przywiązane sznurkiem do wewnętrznej strony tarczy bębna.

Bęben składa się z rdzenia i tarcz bocznych. Zarówno rdzeń jak i tarcze wykonane są z drzewa sosnowego i łączone ze sobą za pomocą gwoździ i sworzni. Rys. 19 podaje szczegóły konstrukcyjne bębna kablowego.

---

* W kablach dalekosiężnych stosowane są także skręty czwórkowe i parowe, co warunkowane jest rodzajem i przeznaczeniem obwodów danego kabla.

Części metalowe (sworznie, podkładki, tuleje osiowe) powinny być pokryte lakierem asfaltowym, a drewno dla ochrony przed gniciem impregnuje się (pokrywa) karbolineum.



Rys. 19

Wielkość bębna, tzn. wymiary jego poszczególnych części, zależna jest od grubości, wagi i długości nawijanego nań odcinka, przy czym na bęben powinno się nawijać odcinek kabla o takiej długości, aby między górną warstwą kabla a krawędzią tarczy bocznej bębna zachowana była przewidziana normami odległość.

W wypadku braku bębnów wymaganej wielkości dla danego kabla należy używać bębnów większych. Stosowanie bębnów mniejszych

nie jest wskazane, gdyż nadmierne zginanie nawijanego kabla może spowodować nadwerężenie powłoki ołowianej lub uszkodzenie (pęknięcie) izolacji żył. Kable opancerzone nawija się na bębny o średnicy rdzenia co najmniej dwudziestokrotnie większej od średnicy kabla.

Obie tarcze bębna na stronach zewnętrznych powinny posiadać następujące oznaczenia: nazwa wytwórni, numer bębna, rok jego wykonania, ciężar własny oraz strzałkę wskazującą, w jakim kierunku bęben wraz z kablem należy przetaczać.

Poza tym na jednej z tarcz powinna być przybita tabliczka zawierająca cechy charakterystyczne nawiniętego na bęben kabla, a więc: jego rodzaj, konstrukcję, numer fabrykacyjny, długość, rok wykonania i ciężar.

Poniższa tabelka podaje wymiary bębnów wykonywanych według warunków PN/PNT-429.

Wielkość bębna		2	3	4	5	6	8	9	11	14
Oznaczenia	d	200	300	400	500	600	800	900	1100	1400
	D	450	600	800	1000	1250	1500	1700	1850	2100
	L	410	510	610	860	860	860	1100	1100	1100
	B	300	400	500	710	710	710	860	860	860
	b	—	—	13	25	25	33	50	63	63
	X	40	40	40	60	60	60	60	80	80
	d.	45	45	80	80	80	80	100	100	100
	S^1	2x19	2x19	2x19	2x25	2x25	2x25	2x38	2x38	2x38
	S_2	19	19	19	25	25	25	38	38	38
	S_3	13	13	13	25	25	25	38	38	38
	Ssw	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"
Liczba sworzni (")		3	4	4	4	4	6	6	6	8
Przybliż. ciężar w kg		20	30	55	110	155	220	410	590	650

Przed wysyłką kabla z wytwórni bęben na całym obwodzie obija się deskami.

Dla podanych w tabeli wymiarów (z wyjątkiem wymiarów desek) do 500 mm dopuszczalna jest tolerancja $\pm$ 2%. Liczba, która określa wielkość bębna, oznacza średnicę jego rdzenia mierzoną w decymetrach (np.: bęben „5“ posiada rdzeń o średnicy 50 cm).

W wypadku wykonywania kabli o wymiarach większych od przewidzianych normami nawija się je na bębny znormalizowane w odcinkach krótszych (250—300 m) od zwykle produkowanych. Za podstawę w tym wypadku przyjmuje się ciężar kabla, który nie powinien w zasadzie przekraczać 4000 kg. Jeśli z uwagi na warunki montażu kabla nie można zmniejszyć długości produkcyjnej odcinka, bywają stosowane bębny o wymiarach większych z uwzględnieniem jednak kolejowych gabarytów transportowych. Ze względów praktycznych należy unikać zbyt dużych bębnów i ciężkich odcinków kabla, gdyż utrudnia to jego transport i montaż, a w związku z tym stwarza większe możliwości jego uszkodzenia.

(d.c.n.)

Por. KAZIMIERZ STRASZEWSKI

O PRZESZKODACH ATMOSFERYCZNYCH I ICH WPŁYWIE NA ODBIÓR RADIOWY *

Wiemy, że narodziny radia zawdzięczamy wyładowaniom atmosferycznym, a ściśle mówiąc — błyskawicy. Ona to bowiem była przedmiotem badań uczonego rosyjskiego A. Popowa i w wyniku tych badań świat otrzymał wielki wynalazek — radio.

Jednak wyładowania atmosferyczne, które odegrały tak wielką rolę w wynalezieniu radia, okazują się obecnie poważną przeszkodą na drodze jego rozwoju. Pomimo to, że przeszkody atmosferyczne zostały wykryte równocześnie z chwilą narodzin radiotelegrafii, do dzisiejszego dnia istota ich nie została całkowicie zbadana.

Stwierdzono, że przeszkody atmosferyczne ze strony oddziaływania ich na odbiór radiowy można podzielić następująco:

— przeszkody pochodzenia burzowego, objawiające się trzaskami w słuchawkach lub w głośniku,

— przeszkody wywołane opadami, przedostające się do anteny odbiorczej przez uderzanie o antenę śniegu, gradu lub deszczu,

— przeszkody pochodzenia kosmicznego; źródła ich znajdują się poza granicami sfery zjonizowanej i objawiają się one przez ciągły świst, najczęściej podczas pracy w zakresie bardzo wielkich częstotliwości.

Na podstawie pomiarów pelengatorami z różnych punktów kuli ziemskiej stwierdzono, że trwałe i silne źródła przeszkód pochodzenia burzowego znajdują się w pasie równikowym.

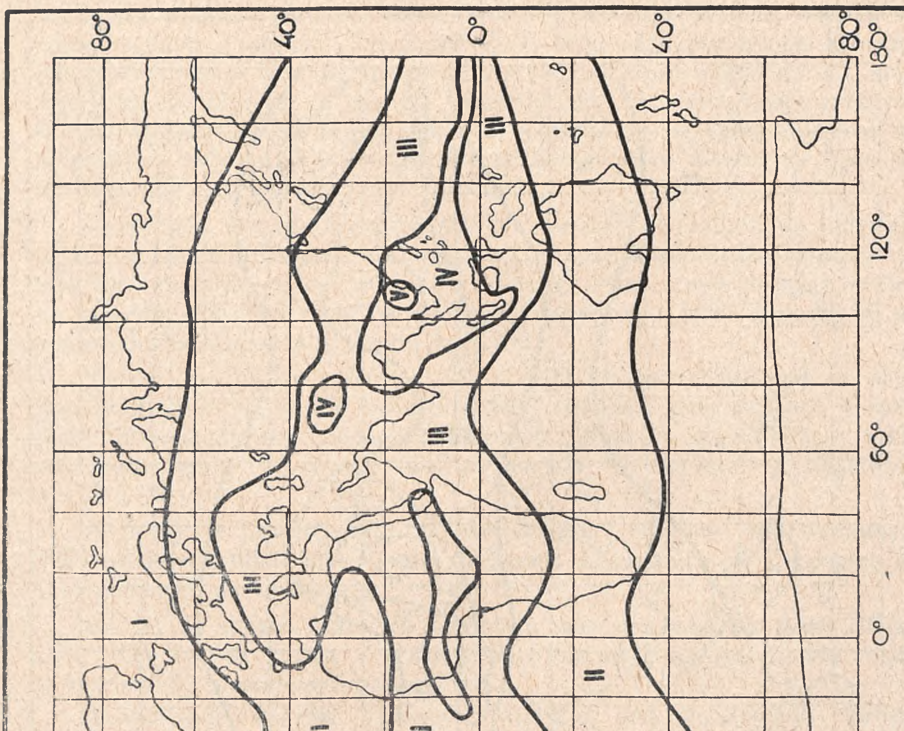
Granice stref przeszkód pochodzenia burzowego na kuli ziemskiej w okresie od maja do września przedstawia rys. 1, zaś dla okresu listopad — marzec — rys. 2. Obszary charakteryzujące się częstymi burzami, gdzie burze miejscowe pojawiają się codziennie, leżą w granicach stref IV — V.

Strefa I obejmuje obszary znacznie oddalone od najbardziej burzliwych rejonów ziemi, tj. okolice biegunowe.

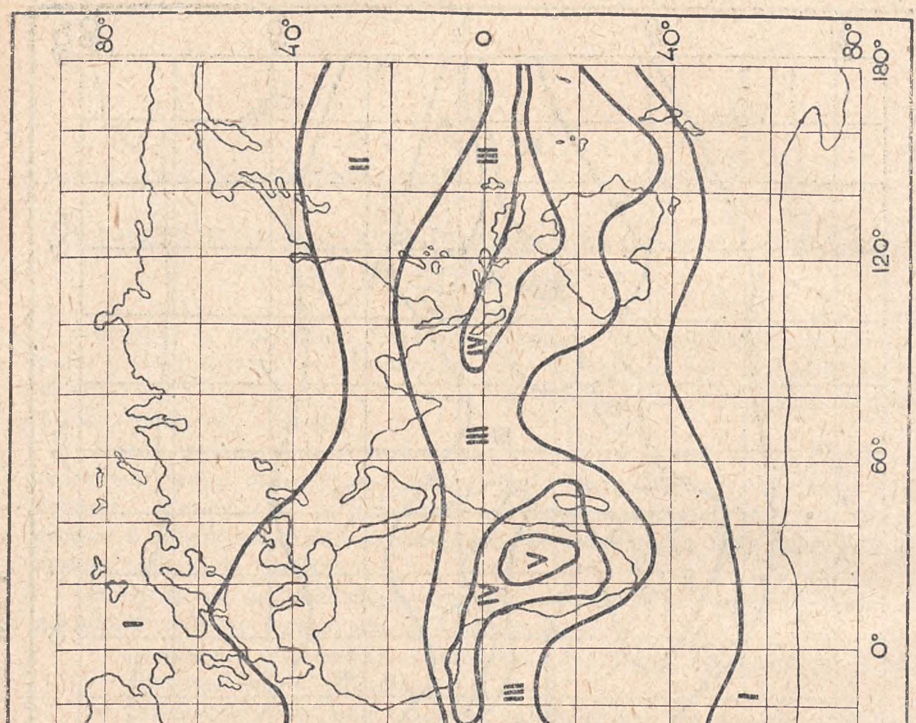
Jak wykazały fakty, oprócz przeszkód pochodzenia burzowego o źródłach oddalonych, wielki wpływ na łączność będą miały burze miejscowe, przede wszystkim w okresie letnim. W naszym kraju największe nasilenie burz przypada na lipiec.

---

* Opracowano na podstawie artykułu W. Baranulko z nr 8/47 „Wojennogo Swiazista".



Rys. 1



Rys. 2

Natężenie pola zakłóceń atmosferycznych pochodzących od burz miejscowych zmniejsza się ze wzrostem odbieranych częstotliwości. Natężenie pola zakłóceń pochodzących z dalekich źródeł zmniejsza się nieco inaczej: zakłócenia w miarę wzrostu częstotliwości przeważnie szybciej maleją niż w poprzednim wypadku. Tłumaczy się to tym, że każdy impuls zaburzeń atmosferycznych składa się właściwie z szeregu różnych częstotliwości, które rozchodzą się przecież w sposób właściwy dla fal elektromagnetycznych. Z tych względów, jeżeli źródło zakłóceń znajduje się na dużej odległości od odbiornika, niektóre częstotliwości wchodzące w skład zaburzenia będą dochodziły silniej osłabione, inne — mniej.

Zakłócenia atmosferyczne są jednym z ważnych czynników wpływających na jakość korespondencji radiowej i przy organizacji łączności powinniśmy znać ich wartość w miejscu odbioru. Dane o nich pozwolą bowiem na ustalenie właściwej mocy nadajnika, typów anten, a także długości fal potrzebnych dla zapewnienia dobrej łączności.

Biorąc pod uwagę podany wyżej podział obszaru ziemskiego na strefy przeszkód udało się ustalić średnie wartości natężenia pola zakłóceń w zależności od częstotliwości roboczej odbiornika. Wykresy natężenia pola zakłóceń pochodzenia burzowego dla pierwszych trzech stref przedstawiają rys. 3 — 5.

Wykresy te przedstawiają zakłócenia przy odbiorze radiofonicznym. Przy odbiorze radiotelegraficznym zakłócenia zmniejszają się i wynoszą ok. 0,14 podanych na wykresach.

Liczby na liniach krzywych oznaczają czas słoneczny na stacji odbiorczej. Dla innych godzin z praktycznie wystarczającą dokładnością można posługiwać się wartościami pośrednimi.

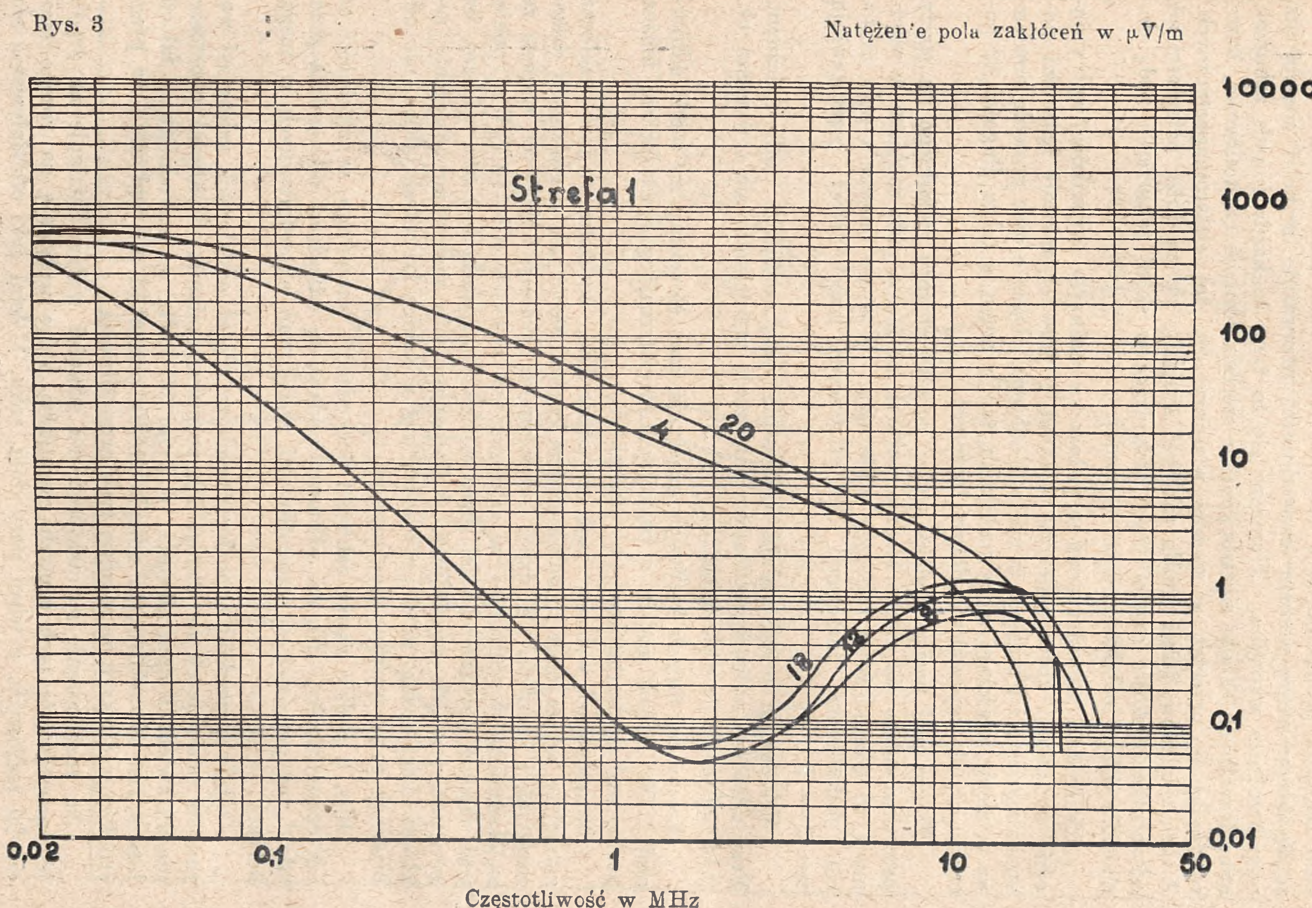
Rozpatrując wykresy możemy stwierdzić, że intensywność zakłóceń zmniejsza się na ogół ze zwiększeniem częstotliwości tak w godzinach dziennych jak i nocnych. W dzień intensywność zakłóceń burzowych wzrasta ze zwiększeniem częstotliwości w zakresie fal krótkich (2—10 MHz) ponieważ dzienne pochłanianie fal przez strefę zjonizowaną jest tym większe, im mniejsza jest ich częstotliwość. Po osiągnięciu maksimum natężenie zakłóceń dalej spada, gdyż przechodzą one w zakres fal ultrakrótkich, nie odbijanych przez warstwę zjonizowaną.

Rys. 6 podaje zasięg zakłóceń pochodzenia burzowego w zależności od ich częstotliwości. Na osi pionowej podane są odległości od ogniska przeszkód, na poziomej — częstotliwości wyładowań atmosferycznych w megahercach.

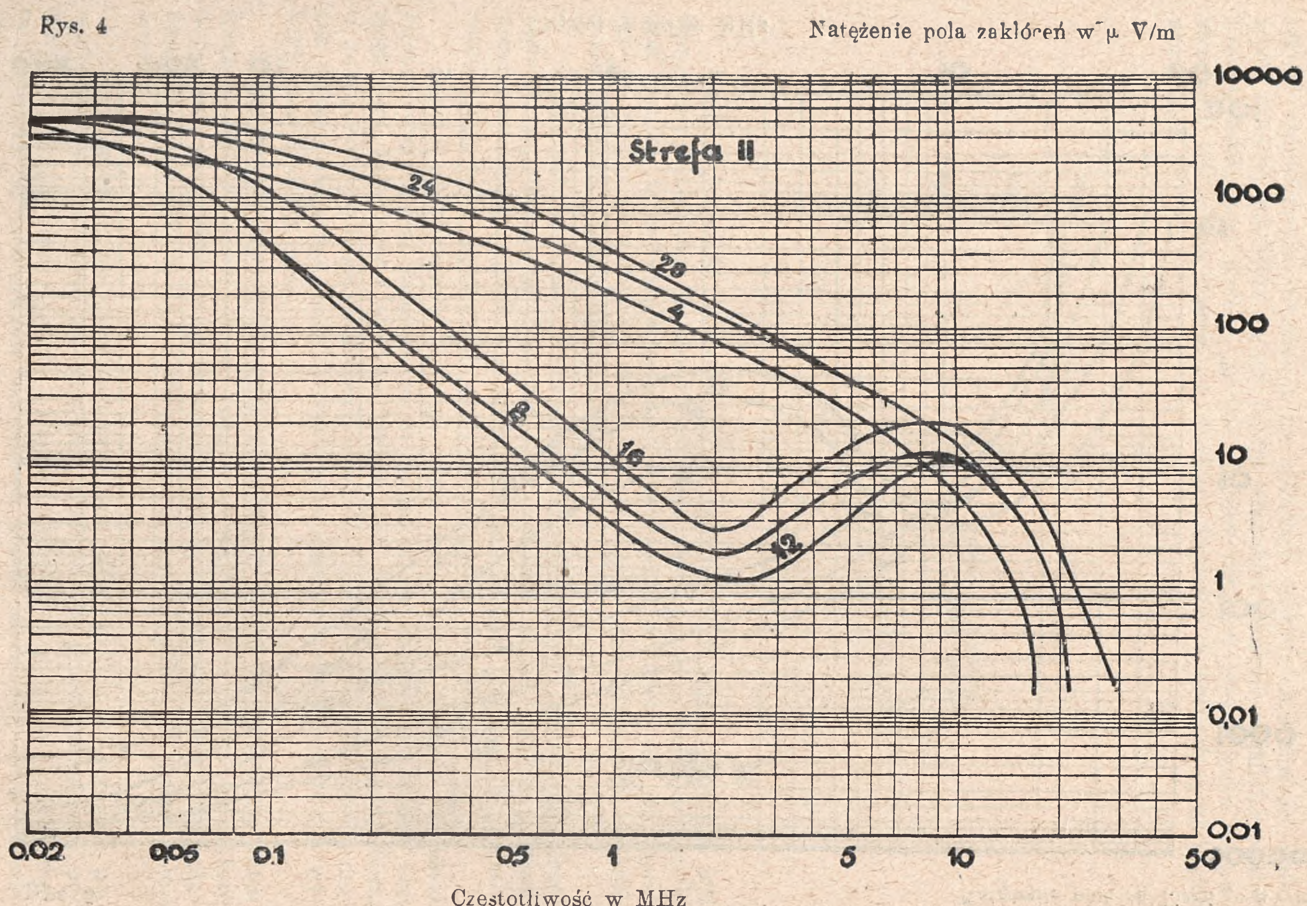
Odbiór przeszkód atmosferycznych ze źródeł oddalonych zależy od warunków istniejących na drodze ich rozprzestrzeniania. Ponieważ przenoszenie ultrawielkich częstotliwości (powyżej 30 MHz) za pośrednictwem fal odbitych jest niemożliwe, to odległe źródła przeszkód nie wpływają na pracę środków radiowych w zakresie tych częstotliwości.

Na rozchodzenie się zakłóceń ma również wpływ działanie na źródło ich powstawania tych samych czynników, które wpływają na rozchodzenie się fal radiowych, a więc: pory dnia, roku, 11-letni cykl oddziaływania słonecznego, stan jonosfery.

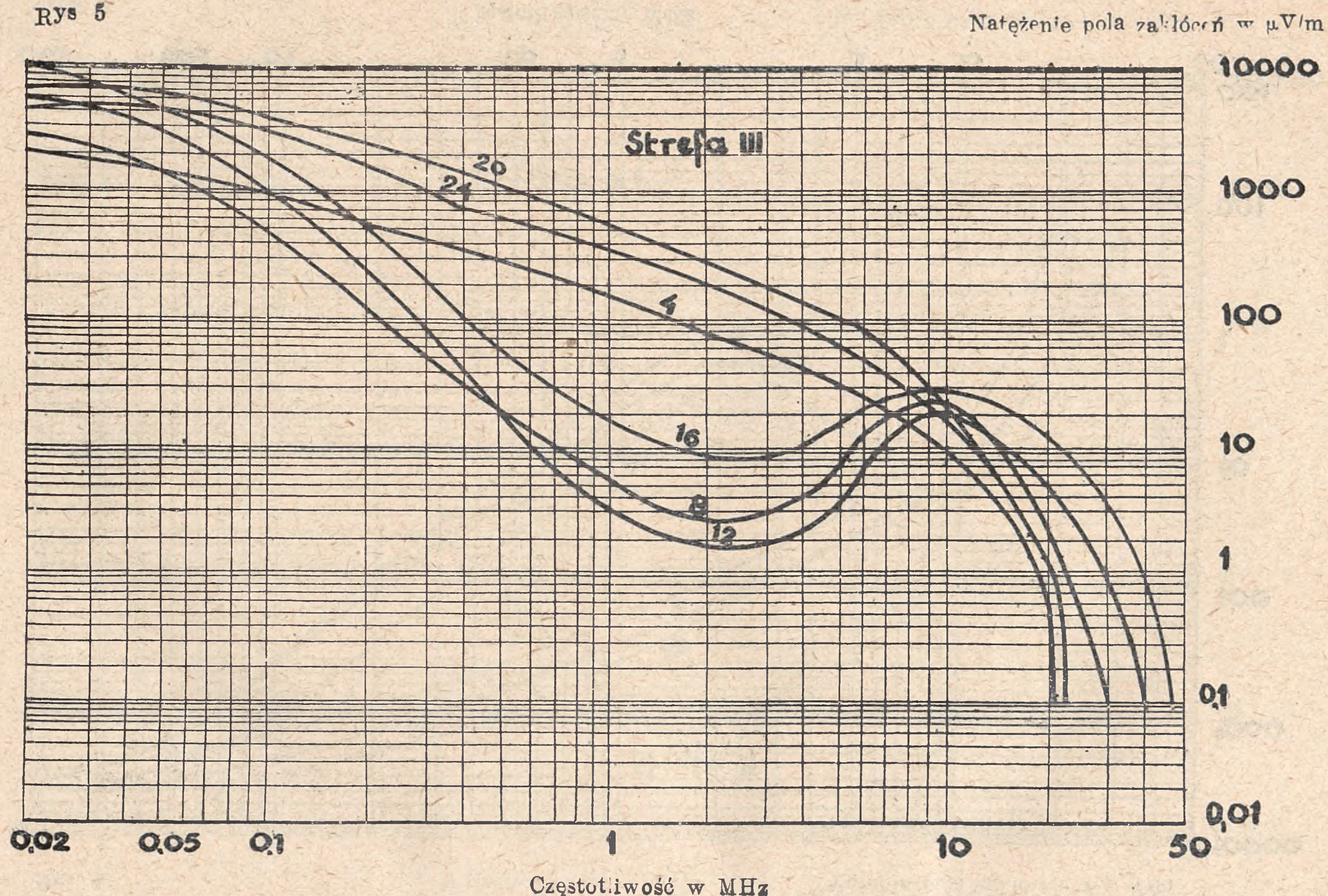
Rys. 3


Natężen'e pola zakłóceń w µV/m
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
Strefa 1
4
20
18
12
0,02
0,1
1
10
50
Częstotliwość w MHz

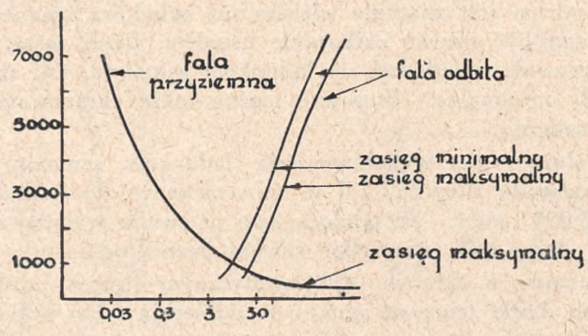
Rys. 4


Natężenie pola zakłóceń w μ V/m
10000
1000
100
10
1
0,01
0,01
Strefa II
24
28
4
8
16
12
0,02
0,05
0.1
0,5
1
5
10
50
Częstotliwość w MHz

Rys 5


Natężenie pola zakłóceń w µV/m
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
Strefa III
20
24
4
16
8
12
0,02
0,05
0,1
1
10
50
Częstotliwość w MHz

Dzienne przeszkody atmosferyczne są w większości przypadków pochodzenia miejscowego, w nocy natomiast dochodzą także przeszkody ze źródeł odległych, gdyż mają lepsze warunki rozchodzenia się. Bardzo silne przeszkody atmosferyczne występują na zakresach niskich częstotliwości radiowych (poniżej 0,1 MHz), gdyż źródła przeszkód generują najsilniej częstotliwości niskie, oraz dlatego, że fale radiowe niższych częstotliwości rozprzestrzeniają się bardzo dobrze na wielkie odległości w każdych praktycznie warunkach.



Rys. 6

Energia przeszkód atmosferycznych przyjmowana przez odbiornik jest wprost proporcjonalna do szerokości pasma przechodzącego przez odbiornik. Stąd wynika, że pierwszym sposobem zmniejszenia przeszkód jest odbieranie takiego pasma częstotliwości, które jest niezbędne dla otrzymania częstotliwości bocznych odbieranego sygnału.

Zakłócenia wywołane przeszkodami atmosferycznymi można zmniejszyć również za pomocą innych metod. Na przykład można odbiór zakłóceń usunąć w wypadku, jeżeli amplituda ich jest znacznie mniejsza od sygnału zasadniczego przez zastosowanie ograniczania małych amplitud.

Jednym ze skuteczniejszych sposobów zmniejszania wpływu przeszkód atmosferycznych jest zastosowanie w radiostacjach systemu modulacji częstotliwości. Jeżeli nawet sygnał odbierany jest znacznie słabszy od zakłóceń, to w tym systemie można zakłócenia znacznie wyeliminować. System ten można wykorzystać tylko dla fal ultrakrótkich, natomiast dla fal dłuższych wykorzystany być nie może.

Inny wreszcie sposób zmniejszenia zakłóceń polega na stosowaniu anten kierunkowych skierowanych na wschód lub zachód, gdyż — jak mówiliśmy poprzednio — dalekie źródła burzowe znajdują się zwykle w kierunku południowym, z wyjątkiem oczywiście zakłóceń pochodzących ze źródeł miejscowych.

Jeżeli zastosowanie wszystkich podanych wyżej możliwości nie daje pomyślnych wyników, jedynym sposobem zmniejszenia przeszkód odbioru pozostaje zwiększenie siły sygnału. Uzyskać możemy to przez zwiększenie mocy nadajnika lub zastosowanie kierunkowej anteny nadawczej, która pozwala skoncentrować promieniowaną energię w potrzebnym nam kierunku.

Z kolei zajmiemy się drugim rodzajem przeszkód atmosferycznych — przeszkodami opadowymi. W czasie przelotu samolotów przez rejony śnieżne, gradowe lub deszczowe w odbiornikach samolotowych powstają nieprzerwane szmery i trzaski, które mogą w zupełności przerwać odbiór radiowy nawet na znaczny okres czasu. Przeszkody te powstają przez przelot samolotu w obszarach elektrycznie naładowanych kropel deszczu, śniegu itp. Wskutek tego samolot ładuje się i jego ładunek wzrasta do tej chwili, dopóki nie nastąpi rozładowanie go przez jakąkolwiek ostrą część samolotu. Zakłócenia w odbiorze powstają przy tym wskutek indukowania silnego pola, którego składowa elektryczna jest znacznie większa niż składowa magnetyczna. Zakłócenia te mogą być prawie całkowicie usunięte, jeżeli zastosujemy urządzenie, które pozwoli wyładować się ładunkom samolotu, tak aby przy tym przeszkody były minimalne. Stosować można także ekranowane elektrostatyczne anteny ramowe.

Przyrząd służący do wyładowywania ładunków samolotu składa się z cienkiego przewodu długości 1,5 m umocowanego do kadłuba samolotu przez opór 100 000 omów. Za pomocą tego przewodu wyładowania przebiegają „miękko" dając tylko niewielkie zniekształcenia odbioru.

Anteny ramowe z ekranem elektrostatycznym jeszcze bardziej zmniejszają zakłócenia dzięki temu, że anteny te odbierają tylko składową magnetyczną pola elektromagnetycznego, nie reagują natomiast na składową elektryczną.

Do walki z zakłóceniami opadowymi w radiostacjach naziemnych stosuje się te same środki co w lotnictwie.

Na zakończenie pozostaje omówić zakłócenia pochodzenia kosmicznego.

Stwierdzono, że istnieją zakłócenia odbioru radiowego, związane ze zjawiskami występującymi poza jonosferą. Część ich bezsprzecznie ma swoje źródło gdzieś w przestrzeniach kosmicznych, największy jednak wpływ na łączność radiową posiada tzw. słoneczny szum radiowy. Pierwszy raz zwrócili na niego uwagę radioamatorzy w latach 1936—1937, w okresie największego nasilenia plam słonecznych. Zauważyli oni bowiem, że te dziwaczne szmery pojawiają się w dzień na falach rzędu 10 m. W lutym 1946 r. w czasie istnienia większych plam na słońcu uczonym radzieckim udało się dokładnie zbadać zakłócenia pochodzenia słonecznego. Stwierdzono je w podzakresie fal ultrakrótkich, właśnie w tej części częstotliwości radiowych, którą można by uważać za najbardziej wolną od wszelkich przeszkód. Na szczęście intensywne szumy słoneczne pojawiają się na ściśle określonych falach, co pozwala usunąć ich wpływ na łączność radiową przez wybór do pracy odpowiednich częstotliwości.

Na podstawie obserwacji stwierdzono, że poziom szumu słonecznego osiągnął najwyższą swoją wartość w dniach 5 i 8 lutego 1946 r. na fali 4,7 m, kiedy przekroczył on 10-krotnie średni poziom szumów własnych odbiornika. Wykres natężenia szumów słonecznych w tym okresie podaje rys. 7.

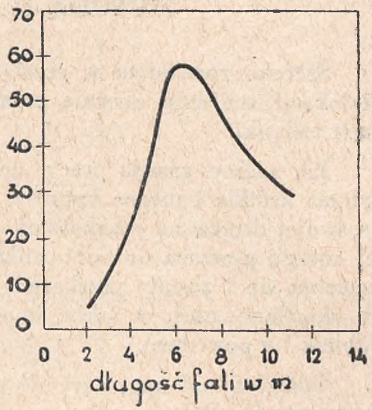
W okresie normalnej aktywności słońca intensywność szumu słonecznego jest w przybliżeniu 10000 razy mniejsza od szumów własnych odbiornika.

W latach maksymalnej aktywności słonecznej ilość plam słonecznych dochodzi do 100 a nawet i więcej; są lata, kiedy plamy na słońcu nie występują (np. luty 1944 r.). Z chwilą pojawienia się na słońcu aktywnych ufor-

mowań (przede wszystkim plamy), zgodnie z teorią Appletona, powstają fale ultrakrótkie, które rozprzestrzeniają się z szybkością światła i osiągając ziemię wytwarzają zakłócenia w odbiorze radiowym. Szukając źródeł szumu za pomocą urządzeń radarowych stwierdzono, że szum istotnie pochodzi od słońca.



Rys. 7



Rys. 8

Stwierdzić możemy więc z pewnością, że powiększenie się ilości plam na słońcu powoduje wzrost szumu słonecznego, przy czym intensywność jego jest tym większa, im większa jest ich powierzchnia i im bliżej położone są środka tarczy słońca.

Na podstawie obserwacji i pomiarów wykreślono przybliżoną zależność natężenia szumów słonecznych od długości fali (rys. 8). W ciągu dnia wartości szumu słonecznego zmieniają się nieco i zwykle rano natężenia szumów większe są w zakresie częstotliwości niższych niż w środku dnia. Na podstawie obserwacji stwierdzono także, że szum słoneczny posiada stosunkowo małą intensywność na falach poniżej 0,5 m i praktycznie nie zależy od aktywności plam słonecznych.

Obecnie przeżywamy lata maksymalnego nasilenia plam słonecznych (1948 — 1950), z tych więc względów warto znać przyczyny występujących silniej niż kiedykolwiek zakłóceń odbioru radiowego.

K. S.

OKREŚLANIE MIEJSC USZKODZEŃ NA LINIACH ŁĄCZNOŚCI METODĄ ODBITYCH IMPULSÓW

Szeroko rozwinięta w czasie wojny dla celów wojskowych technika radiolokacji znajduje obecnie coraz szersze zastosowanie w innych dziedzinach techniki.

Jak wiemy, zasada pracy urządzenia radiolokacyjnego jest stosunkowo prosta: krótkie i mocne impulsy, promieniowane przez nadajnik, napotykając na swojej drodze na jakąkolwiek przeszkodę, odbijają się od niej i część odbitej energii powraca do odbiornika radiolokacyjnego. Odebrany odbity impuls umacnia się i zostaje przekazany na oscylograf katodowy, za pomocą którego określamy czas, w jakim impuls przebył drogę od nadajnika do miejsca odbicia i z powrotem.

Odległość od aparatury do miejsca odbicia impulsu określa się w dość łatwy sposób. Połowę czasu, w jakim przebył impuls w obie strony, mnożymy przez szybkość rozprzestrzeniania się fal elektromagnetycznych w danym ośrodku.

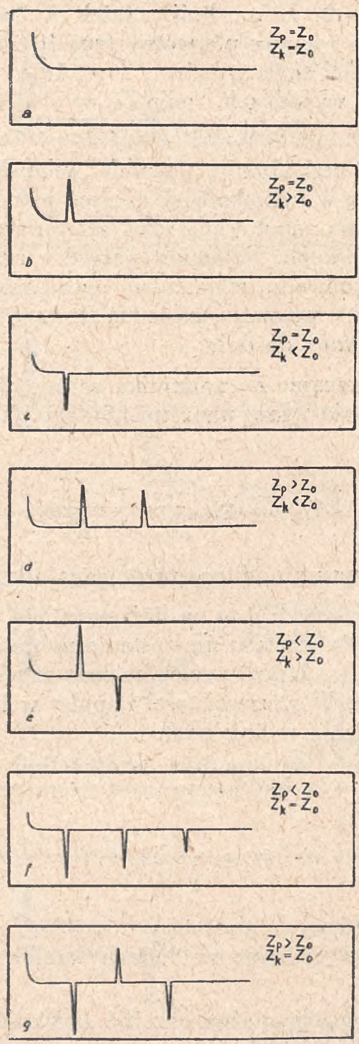
Odbicia elektryczne powstają na liniach teletechnicznych wtedy, gdy na liniach następuje niejednorodność parametrów (stałych) linii. Na zasadzie odbić energii elektrycznej w linii niejednorodnej działają przyrządy zwane reflektometrami, pozwalające na odnajdywanie miejsc uszkodzeń na liniach łączności.

Włączając reflektometr w obwód telefoniczny, otrzymujemy obraz stanu obwodu na całej jego długości. Jeżeli na linii powstaną uszkodzenia stałe lub chwilowe, to za pomocą reflektometra z łatwością określimy rodzaj i odległość uszkodzenia.

Ażeby bardziej udostępnić i wyjaśnić zasadę wynajdywania odległości do miejsca uszkodzenia metodą radiolokacji, rozpatrzymy rozprzestrzenianie się pojedynczego impulsu w linii, nie posiadającej strat. Impuls rozprzestrzenia się w linii z określoną prędkością. Czas przebiegu impulsu przez linię określamy wzorem:

$$t = \frac{l}{v} \text{ sek.}$$

gdzie l — długość linii, v — szybkość rozprzestrzeniania się impulsu. Po dojściu impulsu do końca linii, napotyka on na opór o obciążeniu linii Z_k. W wypadku dopasowania oporu obciążenia do oporu linii, tj., gdy opór



Rys. 1

obciążenia równa się oporowi falowemu linii $\left(Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}\right)$ energia impulsu zostaje całkowicie pochłonięta przez obciążenie (rys. 1a). Jeżeli natomiast $Z \neq Z_o$, to impuls częściowo odbije się od końca linii. Wartość i faza odbitego impulsu zależy od dopasowania Z_k do Z_o, co określamy równaniem:

$$U_o = U_k \frac{Z_k - Z_o}{Z_k + Z_o}$$

gdzie U_o — napięcie odbitego impulsu, U_k — napięcie impulsu pierwotnego (impulsu dochodzącego do końca linii). Jeżeli $Z_k > Z_o$, to odbity impuls posiada ten sam znak co i impuls pierwotny (rys 1b). Gdy $Z_k < Z_o$, to impuls odbity będzie posiadał znak przeciwny (rys. 1c)

W dość częstych wypadkach, gdy $Z_k = \infty$ (obwód rozwarty), to $U_o = U_k$ i gdy $Z_k = 0$ (obwód zwarty), to $U_o = - U_k$.

Wobec tego każde uszkodzenie, powstałe wskutek przerwy w obwodzie lub zwiększenia się oporu w jakimkolwiek miejscu jednego z przewodów, zostanie na ekranie urządzenia zanotowane jako skierowany do góry „ząbek" na fluoryzującej linii oscyloskopu. Natomiast wszystkie uszkodzenia, które wywołane zostaną zwarciami obwodu, włączeniem oporu między przewody obwodu lub pomiędzy poszczególne przewody a ziemią, zostaną przedstawione na ekranie jako „ząbek" skierowany do dołu.

Impuls odbity powracając do nadajnika zostaje w pełni pochłonięty lub częściowo odbity. Wielkość i fazę impulsu odbitego na początku linii określamy równaniem:

$$U_k = U_o \frac{Z_p - Z_o}{Z_p + Z_o}$$

gdzie U_k — napięcie impulsu odbitego przez nadajnik, Z_p — opór nadajnika.

Jeżeli Z_k i Z_p nie są równe Z_o, to na linii powstaną wielokrotne odbicia impulsu, dopóki cała energia impulsu nie zostanie pobrana przez opory zamykające linię (rys. ld, e, f, g). Z tych względów opór reflektometru dobiera się do wartości oporu falowego. W rzeczywistości impulsy w liniach będą dodatkowo tłumione na skutek istnienia w linii strat.

Szybkość przesuwania się impulsów wzdłuż linii zależy od stałych linii i wynosi:

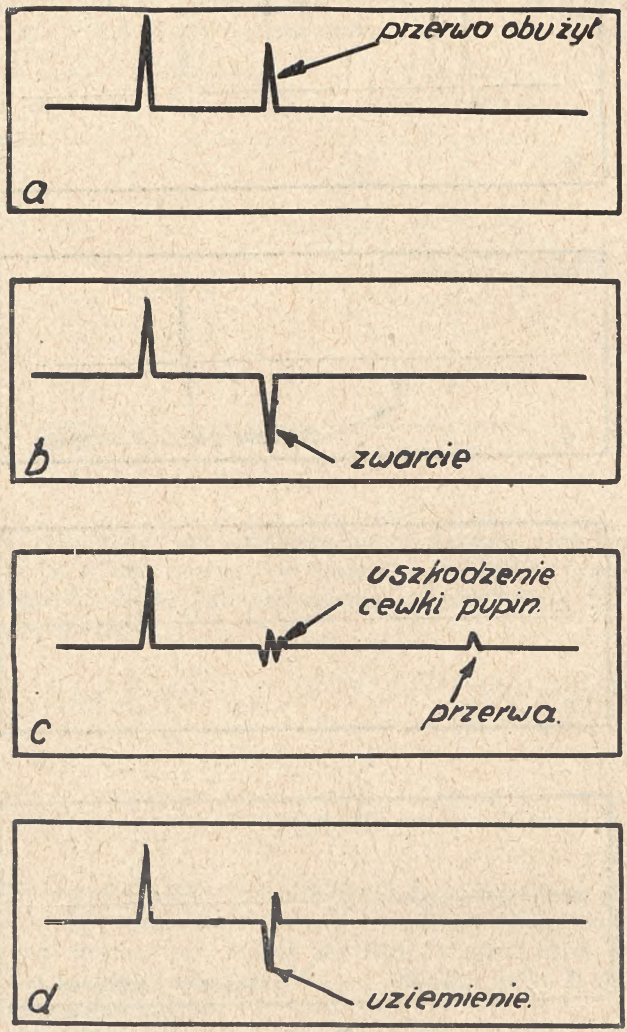
$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Na liniach napowietrznych nieżelaznych szybkość przesuwania się impulsów jest bliska szybkości światła; na liniach kablowych jest ona znacznie mniejsza.

Za pomocą reflektometru można określić szybkość rozprzestrzeniania się impulsów w linii o wiadomej długości.

Szereg wykresów na rys. 2 podaje nam otrzymane na ekranie reflektometru krzywe otrzymane przy badaniu różnych uszkodzeń linii kablowej o długości 30 km. Rys. 2a przedstawia wykres uzyskany przy przerwie obu przewodów linii, co na ekranie reflektometru uwidoczniło się przez pojawienie się górnego „ząbka". Na rys. 2b widzimy dolny „ząbek", który jest oznaką krótkiego zwarcia na linii. Rys. 2c przedstawia wykres otrzymany na ekranie reflektometru w wypadku dwóch uszkodzeń — uszkodzenie cewki pupinowskiej odległej 15 km od miejsca badania oraz przerwę obwodu na końcu

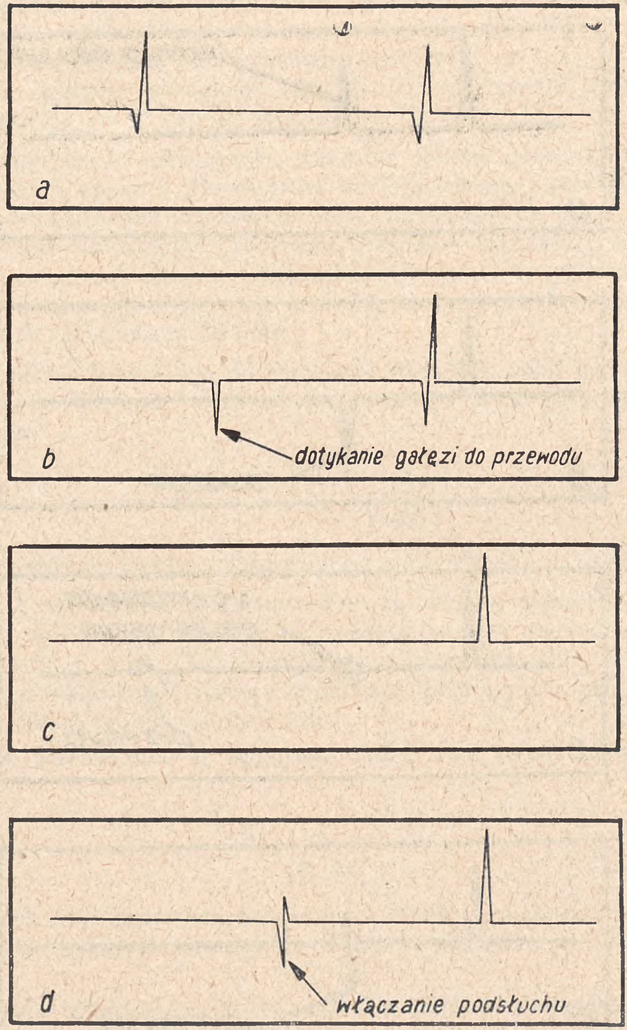
linii. Wreszcie na rys. 2d widzimy obraz na ekranie oscyloskopu powstały na skutek zwarcia jednej żyły kabla z powłoką ołowianą. Z rys. 2c możemy zorientować się w możliwościach, jakie daje nam reflektometr w wynajdywaniu kilku jednoczesnych uszkodzeń.



Rys. 2

Na rys. 3 przedstawiono wykresy otrzymane na ekranie reflektometru włączonego w napowietrzną linię stałą. Rys. 3a uwidocznia wykres linii bez żadnych uszkodzeń; dwa „ząbki" — na początku i na końcu linii, spowodowane są niejednorodnością linii, wynikłą przez dołączenie do obu końców linii doprowadzeń kablowych. Dolny „ząbek" na rys. 3b powstał na skutek zetknięcia się jednego z przewodów z gałęzią drzewa. Rys. 3c pokazuje przerwę na końcu

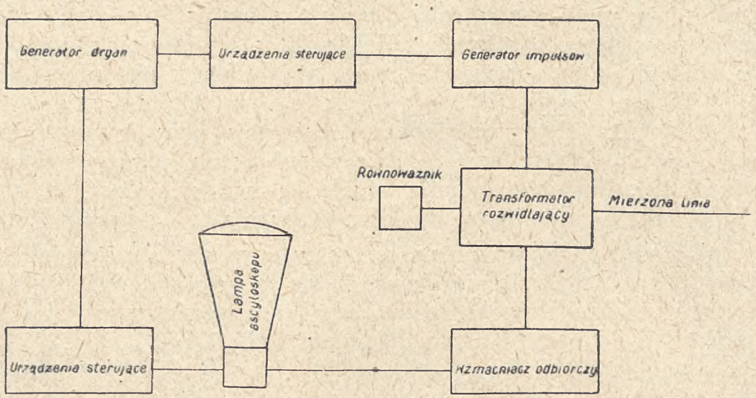
linii. Na rys. 3d przedstawiono wykres otrzymany na ekranie reflektometru przy włączonym w środku linii w celach podsłuchu aparacie telefonicznym.



Rys. 3

Reflektometr okazuje się bardzo pomocnym przyrządem dla nadzorcy liniowego w wynajdywaniu uszkodzeń na napowietrznych liniach stałych. W czasie szukania uszkodzeń nadzorca robi na krótki czas zwarcie na linii, po czym włącza się w nią aparatem telefonicznym. Dyżurny mechanik przy reflektometrze zawiadamia nadzorcę liniowego, w jakim kierunku od niego znajduje się miejsce uszkodzenia.

Rys. 4 przedstawia schemat blokowy reflektometru. Składa się on z następujących zasadniczych części: generatora drgań, generatora impulsów, transformatora rozwidlającego z równoważnikiem, wzmacniacza odbiorczego, lampy oscyloskopowej oraz urządzeń sterujących i pomocniczych. Przy wyborze czasu trwania impulsu pomiarowego kierujemy się dokładnością, z jaką chcemy zmierzyć odległość do miejsca uszkodzenia, ponieważ dokładność ta



Rys. 4

określona jest odległością, jaką przebiega impuls w czasie jego trwania. Z tego widzimy, że im krótszy impuls, tym dokładność pomiarów jest większa. Dla pomiarów odległości do miejsca uszkodzenia z dokładnością do 100 m stosuje się impulsy dłuższe:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{0{,}1\ \text{km}}{280\,000\ \text{km/sek.}} = 3{,}57 \cdot 10^{-7}\ \text{sek.} = 0{,}35\ \mu\text{sek.}$$

odpowiada to drganiom o częstotliwości:

$$f = \frac{1}{2t} = 1\,420\,000\ \text{Hz} = 1{,}42\ \text{MHz}$$

Oczywiście impulsy takich częstotliwości będą podlegały na obwodach napowietrznych bardzo wielkiemu tłumieniu i zniekształceniu, co w praktyce uniemożliwia ich stosowanie. Z tych przyczyn impulsy takiej częstotliwości mogą być stosowane celem określenia miejsc uszkodzeń tylko w szerokopasmowych kablach koncentrycznych.

Dla napowietrznych linii stałych częstotliwość impulsów pomiarów nie przekracza 150 KHz. Odpowiada to czasowi trwania impulsów równemu:

$$t = \frac{1}{2f} = 3{,}3\ \mu\text{sek.}$$

Zastosowanie impulsów o takim czasie trwania pozwala określać odległość do miejsca uszkodzenia z dokładnością:

$$l = vt = 280\,000 \cdot 3{,}3 \cdot 10^{-6} = 1\ \text{km}$$

Czas trwania impulsu określa także najmniejszą odległość, na jaką może być zauważone uszkodzenie linii, bowiem odległość odbitego impulsu od początku skali musi być większa od szerokości impulsu, tj. od czasu jego trwania. Częstotliwość wysyłania impulsów zależy od zasięgu działania przyrządu i szybkości rozchodzenia się impulsów w badanej linii. Dla prawidłowego działania urządzenia konieczne jest, ażeby impuls odbity od końca obwodu powracał do przyrządu prędzej, niż zostanie wysłany na linię impuls następny. Dla linii napowietrznych częstotliwość wysyłania impulsów obliczamy następująco: długość odcinka wzmacniakowego na obwodach niestalowych wynosi średnio 350 km, prędkość rozchodzenia się impulsów jest równa ok. v=280 000 km/sek. Uwzględniając czas przebycia przez impuls podwójnej długości odcinka otrzymujemy, że ilość impulsów na sekundę nie powinna przewyższać 400. Zazwyczaj impulsy wysyła się rzadziej, jednak liczba ich na sekundę powinna być dostatecznie wielka, ażeby nie było migania obrazu.

Stosując więc w reflektometrze generator impulsów o czasie ich trwania 3,3 μ sek i częstotliwości ich powtarzania nie większej niż 400 impulsów na sekundę, można określić uszkodzenia obwodów napowietrznych nieżelaznych na odległości od 1 km do 350 km z dokładnością do 1 km.

W podobny sposób można obliczyć długość i częstotliwość powtarzania impulsów dla określenia miejsc uszkodzeń na liniach kablowych rozmaitego rodzaju.

Jeżeli szybkość przesuwania się impulsów w badanym obwodzie jest wiadoma, skala na ekranie lampy oscyloskopowej może być wyskalowana bezpośrednio w kilometrach. Określenie więc odległości do miejsca uszkodzenia sprowadza się do włączenia urządzenia w badany obwód, dobrania równoważnika linii i odczytania szukanej odległości na skali.

Reflektometr może być także użyty do określenia jednorodności linii i dobierania oporu obciążenia do oporu falowego linii. Reflektometr oddaje duże usługi tak w czasie budowy linii jak i w czasie jej eksploatacji, ponieważ daje możliwości natychmiastowego wykrycia pomyłek i uszkodzeń w dowolnych warunkach atmosferycznych. Wielostronne zastosowanie znajduje reflektometr także i w urządzeniach stacyjnych, np. przy dobieraniu równoważników, dopasowaniu urządzeń itp.

Wadami opisanej metody określania miejsc uszkodzeń jest to, że nie daje się ona zastosować do pomiarów na kablach pupinizowanych, a także i na napowietrznych liniach stałych o przewodach stalowych. Dalszą wadą tego urządzenia jest to, że dokładność pomiarów na liniach stałych nie jest zbyt duża i wynosi ok. 2—4 procent, a wreszcie dość skomplikowana budowa urządzenia.

Mimo tych braków należy spodziewać się, że opisana metoda znajdzie w teletechnice szerokie zastosowanie w miarę jej udoskonalania.

(Z „Wiestnika Swiazi“, nr 1 z r. 1947)

SPROSTOWANIE

W „Przeglądzie Łączności“ Nr 11—12/49 w artykule ppłk. E. Szmatowicza na rys. 1 na str. 615 wkradł się błąd, a mianowicie: linia telefoniczna od PO d-cy dywizji „Do sąsiada“ powinna mieć oznaczenie „Od PO d-cy 1 KA“, natomiast linia telefoniczna z WŁ 3DP „Od PO d-cy 1 Korpusu piech.“ — oznaczenie „Do sąsiada“.

OD REDAKCJI

W procesie szkolenia, a także w praktyce technicznej niejednokrotnie możemy się spotkać z zagadnieniami, na które trudno jest znaleźć szybko odpowiedź w dostępnych nam podręcznikach czy instrukcjach. Redakcja „Przeglądu Łączności“ chcąc w takich wypadkach przyjść z pomocą swoim czytelnikom otwiera na łamach miesięcznika dział poświęcony odpowiedziom na nadsyłane zapytania. W celu szybkiego przekazania odpowiedzi zainteresowanym czytelnikom, będą one — oprócz wydrukowania w „Przeglądzie Łączności“ — wysyłane drogą pocztową natychmiast po opracowaniu w redakcji. W ten sposób czytelnicy będą mogli otrzymać odpowiedź w ciągu około jednego tygodnia po otrzymaniu pytań przez Redakcję, co będzie stanowić dla nich prawdziwie realną pomoc.

Zapytania powinny dotyczyć zagadnień związanych z wyszkoleniem żołnierzy łączności oraz zagadnień techniki łączności i powinny być formułowane jasno i jednoznacznie. Nadsyłać należy je pod adresem Redakcji „Przeglądu Łączności“ Warszawa 1, al. Niepodległości 243.

WARUNKI OGŁASZANIA PRAC W „PRZEGLĄDZIE ŁĄCZNOŚCI“

1. Prace do druku należy przesyłać pod adresem: Redakcja „Przeglądu Łączności“ — Główny Inspektorat Łączności, Warszawa 1, Aleja Niepodległości 243.

2. Prace powinny być pisane na maszynie, z podwójnym odstępem między wierszami, na jednej stronie arkusza, z pozostawieniem z lewej strony 4 cm marginesu i wolnego miejsca nad tytułem na uwagi Redakcji. Praca musi być podpisana czytelnie imieniem i nazwiskiem autora z podaniem stopnia wojskowego i dokładnego adresu.

3. Dla uniknięcia znacznych zmian w korekcie prace powinny być starannie wykończone pod względem stylu i pisowni.

4. Redakcja przyjmuje prace dotychczas nigdzie nie drukowane. Praca przedstawiona Redakcji do czasu otrzymania ewentualnej odpowiedzi odmownej nie może być zgłaszana redakcji innego czasopisma. Przy tłumaczeniach musi być podane szczegółowo źródło i nazwisko właściwego autora.

5. Redakcja zastrzega sobie prawo czynienia wszelkich poprawek stylistycznych i skracania przyjętych do druku artykułów, bez naruszenia jednak zawartej w nich zasadniczej myśli.

6. Honoraria autorskie wynoszą: za wiersz garmontu 15—18 zł, wiersz petitu o 25% więcej. W wyjątkowych wypadkach Redakcja podwyższa honorarium (prace wybitnej wartości).

7. Rysunki, plany i szkice załączone do prac są honorowane jak odpowiednia ilość stronic druku w tym wypadku, gdy wykonanie ich pozwala na bezpośrednie użycie ich do zdjęć na klisze. Rysunki wymagające przerysowania ich przez kreślarza są honorowane z potrąceniem kosztów pracy kreślarskiej. Szkice, ryciny, fotografie itp., nadesłane w postaci wycinków z czasopism lub przedrukowane, nie są honorowane. Rysunki powinny mieć wymiar co najmniej dwukrotnie większy w stosunku do wymiaru w tekście. To samo dotyczy liter i oznaczeń użytych do opisania rysunku. Rysunki muszą być wykonane czarnym tuszem na kalce.

112